



**UNIVERSIDADE DO MINDELO**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA E RECURSOS DO MAR**

**CURSO DE LICENCIATURA EM**  
**ENGENHARIA EM ENERGIAS RENOVÁVEIS**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**  
**ANO LETIVO 2019/2020 – 4º ANO**

**Tema: Automação e Alimentação de uma Fábrica de Aguardente em**  
**Chã de Pedras**

**Autor: António Jorge dos Santos Gomes, N.º 4337**

**Orientador: Eng. João Alves**

**Mindel, 2020**

**ANTÓNIO JORGE DOS SANTOS GOMES**

**AUTOMATIZAÇÃO E ALIMENTAÇÃO DE UMA  
FÁBRICA DE AGARDENTE EM CHÃ DE PEDRAS**

Projeto de trabalho de conclusão do curso,  
apresentado à Universidade do Mindelo  
como parte dos requisitos para obtenção do  
grau de licenciado em Engenharia em  
Energias Renováveis.

Orientador: Eng. João Alves

Mindelo, 2020

## **AGRADECIMENTO**

A presente trabalho é o culminar de um longo percurso, que contou com a colaboração inestimável de várias pessoas e instituições, e que não poderia deixar de prestar o meu sincero e merecido agradecimento.

Em primeiro lugar aos meus pais Orlanda Senhoria e José Gomes e meus Irmãos, principalmente Ivanir Gomes e Irany Gomes, pelas ajudas prestadas durante todo o curso.

As minhas tias que mesmo estando longe, sempre mostraram presentes para ajudar em qualquer problema.

Ao meu orientador, Professor Engenheiro João Alves, pela sua orientação.

Aos meus amigos, Júlio Medina e Willy Delgado, pelas sabias, sugestões, críticas, revisão e estruturação do trabalho, pela disponibilidade e empenho constante, transmissão dos seus conhecimentos que inequivocamente contribuíram para a conclusão desta etapa e pelo companheirismo, amizade. Obrigado pela vossa amizade e ajuda prestada.

Aos meus colegas em geral pelo companheirismo e espírito de camaradagem que sempre tivemos uns com os outros.

A UNIVERSIDADE do MINDELO pela disponibilidade e serviços prestados durante esta fase.

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho aos meus pais e meus irmãos. Esta monografia é a prova de que todos seus investimentos e dedicação foram a mola propulsora que permitiu o meu avanço, mesmo durante os momentos mais difíceis e que todos seus esforços valeram a pena.

“Porque que o limite é o Céu se existe pegadas na Lua??!!!”

(Plutónio)

# ÍNDICE GERAL

DEDICATÓRIA.....	iii
RESUMO .....	xiii
ABSTRACT .....	xiv
LISTA DE ABREVIATURAS.....	xv
CAPÍTULO I. INTRODUÇÃO .....	17
1.1- Objetivos.....	18
1.2- Justificativa.....	18
1.3- Hipótese de Trabalho.....	19
1.4- Metodologia.....	19
1.5- Estrutura Do Trabalho .....	19
CAPÍTULO II- ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA.....	21
2.1- Caracterização Da Radiação Solar Em Cabo Verde.....	22
2.2 - Célula Fotovoltaica.....	23
2.2.1- Tipos de células Fotovoltaicas .....	24
2.2.2- Curva I-V de uma célula fotovoltaica .....	26
2.2.3- Fatores que afetam o desempenho de uma célula fotovoltaica.....	26
2.2.4- Associação das células fotovoltaicas .....	29
2.3- Sistema fotovoltaico .....	31
2.3.1- Sistema fotovoltaico conectado a rede (ON-GRID) .....	32
2.3.2- Sistema fotovoltaico desligado da rede (OFF-GRID) .....	32
2.3.3- Sistema fotovoltaico com produção híbrida .....	33
2.3.2- Componentes de um SFCR.....	34
2.3.3 - Sistema de Monitorização e controlo.....	40
CAPÍTULO III – SISTEMA DE CONTROLO E AUTOMATIZAÇÃO .....	43
3.1- Automação Industrial .....	43
3.2 - Controladores Lógicos Programáveis (CLP).....	44

3.2.1- Tipos de CLP's .....	46
3.2.2- Constituição de um CLP .....	48
3.2.3 - Principio de funcionamento .....	53
3.3 – Sensores .....	55
3.3.1- Tipos de Sensores .....	56
3.4 – Atuadores .....	61
3.5- Sistemas de controle .....	62
3.5.1- Sistemas em malha aberta .....	62
3.5.2- Sistemas em malha fechada .....	63
3.6- Sistema de Supervisão e Aquisição de Dados (SCADA).....	63
3.7- Programas Utilizados Para Programação E Simulação De CLP .....	64
CAPÍTULO IV- PRODUÇÃO DE AGUARDENTE (GROGUE) .....	66
4.2- Processos De Produção Do Aguardente .....	67
4.2.1- Diluição da cana-de-açúcar.....	67
4.2.2- Fermentação.....	68
4.2.3- Controlo de qualidade do processo fermentativo.....	69
4.2.4- Destilação.....	70
CAPÍTULO V – ESTUDO DE CASO.....	72
5.1- Localização.....	72
5.2- Requalificação Do Sistema Elétrico Da Fábrica .....	73
5.2.1- Conceção das Instalações.....	73
5.2.2- Disjuntores para iluminação .....	74
5.2.3- Dimensionamento tomadas .....	75
5.2.4- Dimensionamento do disjuntor para motor .....	76
5.2.5- Caraterísticas dos disjuntores.....	76
5.2.6- Quadros elétricos .....	77
5.2.6- Interruptores .....	78

5.2.7- Régua De Terminais .....	78
5.2.8- Terminal de terra.....	78
5.2.9- Sistemas de Proteção Contra Choques Elétricos .....	78
5.2.10- Proteção contra contactos diretos.....	79
5.3- Dimensionamento Do Sistema PV .....	79
5.3.1- Recurso solar do local.....	79
5.3.2- Diagrama de carga da instalação.....	80
5.3.3- Cálculos do dimensionamento do sistema .....	81
5.4- Automatização da Fábrica .....	95
5.4.1- Arranque do Motor .....	96
Com a ligação do motor em estrela-triângulo, apresenta as seguintes vantagens: .....	98
5.4.2- Controlo de temperatura da zona de fermentação.....	99
5.4.3- Controlo de pH da calda .....	100
5.4.4- Controlo de Sacarose da calda .....	102
5.5- Viabilidade económica .....	103
6. CONCLUSÃO .....	108
7. Bibliografia.....	110
ANEXOS .....	113



## ÍNDICE DE EQUAÇÃO

Equação 1: Valor total de tensão no arranjo paralelo .....	30
Equação 2: Valor total de corrente no arranjo paralelo .....	30
Equação 3: Valor total de tensão no arranjo série .....	30
Equação 4: Valor total de corrente no arranjo série .....	30
Equação 5: Capacidade de corrente do cabo deve ser superior em 25% .....	39
Equação 6: Secção do fio CC .....	39
Equação 7: Secção dos cabos CA.....	39
Equação 8: Resistência em função da variação da temperatura do sensor PT-100.....	58
Equação 9: Calculo da quantidade de água a ser adicionada em certo volume de caldo .....	68

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Intensidade de irradiação solar 2013.....	22
Figura 2: Radiação global em Cabo Verde.....	23
Figura 3: Ilustração do efeito fotovoltaico na junção P-N de uma célula ligada a um circuito elétrico.....	23
Figura 4: Associação em paralelo de módulos PV .....	29
Figura 5: Associação em série de Módulos PV .....	30
Figura 6: Associação mista de módulos PV .....	31
Figura 7: Caixa de junção.....	36
Figura 8: Caixa de isolamento CA e CC .....	36
Figura 9: Estruturas de suporte.....	37
Figura 10: Inversor e estrutura interna do mesmo .....	38
Figura 11: Sistema de monitorização Solar log.....	41
Figura 12: Sistema de monitorização OWL .....	41
Figura 13: Sistema de Monitorização SEAWARD .....	42
Figura 14: Estrutura externa do PLC .....	45
Figura 15: PLCs Nano .....	47
Figura 16: PLC Compacto.....	47
Figura 17: PLC Modular .....	48
Figura 18: Partes Constituintes de um CLP.....	51
Figura 19: Ciclo de processamento de um CLP .....	52
Figura 20: Diagrama de comando para acionamento de um motor.....	53
Figura 21: Diagrama em Ladder para acionamento de um motor .....	53
Figura 22: Representação do ciclo de varredura do CLP .....	54
Figura 23: Sensor de temperatura PT-100.....	57
Figura 24: Curva de resistência x temperatura do sensor PT-100.....	58
Figura 25: Sensores de ph.....	59
Figura 26: Transmissor de Grau Brix DT-301 .....	61
Figura 27: Sistemas em malha aberta.....	62
Figura 28: Sistemas em malha fechada .....	63
Figura 29: Ilustração de um sistema com dois CLP's, supervisionado por um sistema SCADA.....	64
Figura 30: Localização da Fábrica.....	72

Figura 31: Fábrica de aguardente .....	72
Figura 32: Módulo PV escolhido .....	82
Figura 33: Inversor escolhido para o projeto.....	84
Figura 34: Estrutura de suporte Triangle/MultiAngle 10 - 45° da K2SYSTEM.....	86
Figura 35: Fusível NH-GPV 16 A.....	87
Figura 36: Quadro AC de 24 módulos .....	91
Figura 37: Quadro DC de 8 módulos .....	92
Figura 38: Sunny Home Manager 2.0 .....	93
Figura 39: UPS escolhido .....	94
Figura 40: CLP TM221CE40T.....	95
Figura 41: Arranque Estrela-Triângulo a partir do CADSimu.....	98
Figura 42: LADDER do controlo de temperatura .....	100
Figura 43: Dados de entrada do sistema fotovoltaico.....	106

## ÍNDICE DE TABELA

Tabela 1: Vantagens e Desvantagens das células PV .....	25
Tabela 2: Vantagens e Desvantagens dos tipos de Sistema PV .....	34
Tabela 3: Potência dos equipamentos e hora funcionamento.....	81
Tabela 4: Especificações Mecânicas do módulo .....	83
Tabela 5: Especificações Elétricas do módulo .....	83
Tabela 6: Caraterísticas Gerais do inversor .....	85
Tabela 7: Caraterísticas do descarregador AC .....	90
Tabela 8: Caraterística do CLP.....	95
Tabela 9: Custo Total do sistema .....	104
Tabela 10: Receitas e despesas Anuais do sistema.....	107

## ÍNDICE DE GRÁFICO

Gráfico 1: Curva da corrente elétrica em função da tensão aplicada a um módulo fotovoltaico .....	26
Gráfico 2: Variação da corrente e tensão de um módulo fotovoltaico em função da temperatura .....	27
Gráfico 3: Variação da corrente e tensão de um módulo PV em função da irradiação solar .....	27
Gráfico 4: Curva I-V de um módulo sob efeito do sombreamento .....	28
Gráfico 5: Curva P-V de um módulo sob efeito do sombreamento .....	29
Gráfico 6: Recurso solar do local .....	80
Gráfico 7: Diagrama de carga.....	81
Gráfico 8: Custos detalhado do projeto .....	105
Gráfico 9: Fluxo de caixa cumulativo .....	107

## **RESUMO**

A energia solar é a principal fonte de energia renovável, e está disponível em quase todas as regiões do planeta. Quantificar o potencial energético solar de um lugar ou região é indispensável, para avaliar as potencialidades de produção de energia fotovoltaica e seu aproveitamento. Essa tecnologia vem ganhando cada vez mais destaque nos dias de hoje. O CLP é hoje em dia sem dúvida a principal ferramenta de automação, para vários tipos de processos, principalmente nas indústrias para corrigir os erros humanos que advém dos processos manuais. O presente trabalho foca-se no dimensionamento de um sistema fotovoltaico conectada a rede de distribuição de energia, para a alimentação da fábrica de aguardente, requalificação elétrica do local, arranque estrela-triângulo do motor com simulação no LADDER e um sistema automático, para controlo de pH e sacarose da calda bem como o controlo de temperatura do espaço de fermentação em questão através do Controlador Lógico Programável. O Projeto conterá as informações sobre características locais, dimensionamento dos principais equipamentos e acessórios, diagramas elétricos unifilares e, layouts físicos do sistema e os diagramas LADDER do sistema automatizado. Para isso foi utilizado vários softwares, Sunny Web Design, PVsist, RETScreen para projetar o sistema fotovoltaico e análise financeira de todo o projeto, a Somachine Basic, CAdE SIMU, para o processo de automação e Autocad para projetar tanto o sistema automatizado como também a requalificação elétrica da fábrica. A análise da viabilidade do trabalho mostrou que o projeto é viável, payback de 6 anos, e um retorno de capital próprio em 6,6 anos nos 25 anos de vida útil do mesmo, tornando assim um projeto atrativo e de grande impacto para o futuro próximo para muitas fábricas de aguardente em todo o país.

**Palavras chaves:** Energia renovável, sistema fotovoltaico, controlo, CLP, LADDER

## **ABSTRACT**

Solar energy is the main source of renewable energy, and is available in almost all regions of the planet. Quantifying the solar energy potential of a place or region is indispensable to assess the potential for photovoltaic energy production and its exploitation. This technology is gaining more and more prominence these days. The PLC is today undoubtedly the main automation tool, for various types of processes, especially in industries to correct the human errors that come from manual processes. This work focuses on the dimensioning of a photovoltaic system connected to the power distribution network, for the feeding of the brandy factory, electrical requalification of the site, star-triangle motor start-up with simulation in the LADDER and an automatic system, for the control of pH and sucrose of the syrup as well as the temperature control of the fermentation space in question through the Programmable Logic Controller. The project will contain information on local characteristics, sizing of the main equipment and accessories, unifilar electrical diagrams and, physical layouts of the system and the LADDER diagrams of the automated system. For this it was used several software, Sunny Web Design, PVSist, RETScreen to design the photovoltaic system and financial analysis of the whole project, Somachine Basic, CAD and SIMU for the automation process and Autocad to design both the automated system as well as the electrical requalification of the factory. The feasibility analysis of the work showed that the project is viable, payback of 6 years and a return on equity in 6.6 years over the 25 year life of the project making it an attractive and high impact project for the near future for many brandy factories all over the country.

Translated with [www.DeepL.com/Translator](http://www.DeepL.com/Translator) (free version)

**Keywords:** Renewable energy, photovoltaic system, control, PLC, LADDER

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

**APA-** American Psychological Association

**CLPs-** Controladores Lógicos Programáveis

**CO<sub>2</sub>**- Dióxido de Carbono

**Ph-** Potencial Hidrogeniônico

**W/m<sup>2</sup>** - Watts por metro quadrado

**Wh/m<sup>2</sup>** - Watts hora por metro quadrado

**kWh-** kilowatts hora

**kW/m<sup>2</sup>**- kilowatts por metro quadrado

**°C-** Grau Celsius

**I-V-** Corrente-Tensão

**AM1,5G-** Espectro Solar

**PV-** Fotovoltaico

**P-V-** Potência-Tensão

**SFCR-** Sistema Fotovoltaico Conectado a Rede

**SFH-** Sistema Fotovoltaico Híbrido

**MF-** Módulos Fotovoltaicos

**UV-** Ultravioleta

**SMA-** System, Mess and Anlagentechnik

**A/D-** Alternada/Contínuo

**SCR-** Silicon Controlled Rectifier

**CPU-** Unidade Central de Processamento

**E/S-** Entradas e Saídas

**PNP-** Positivo-Negativo-Positivo



**NPN-** Negativo-Positivo-Negativo

**IGAI-** Inspeção Geral das Atividades Económicas

**g/cm<sup>3</sup>-** Grama por centímetro cubico

**mL-** Mililitro

**g-** Grama

**A-** Ampere

**kA-**Kiloampere

**VA-** Voltampere

**kVA-** Kilovolt ampere

**Cv-** Cavalos

**W-** Watts

**Icc-** Corrente de curto-circuito

## CAPÍTULO I. INTRODUÇÃO

O consumo de energia sempre esteve presente no desenvolvimento sócio económico mundial. Após a revolução industrial, a crescente necessidade de obtenção e uso de formas de energia mais potentes incorporaram as energias fósseis como o petróleo e o carvão mineral. Evidências científicas já provaram que esse modelo energético, além de finito, é também extremamente danoso ao meio ambiente (ARAÚJO, 2016).

Por isso a importância do uso correto dos recursos naturais atrelado ao conceito de sustentabilidade que têm ganhado espaço principalmente no âmbito de geração de energia elétrica com as chamadas fontes renováveis como uma forma de produção de energia com menos impacto ambiental, social e cultural (SANTANA, 2014).

Segundo PINHO *et al.* (2008), há a obrigatoriedade de atendimento à todos os cidadãos com energia elétrica, bem como da necessidade cada vez maior da produção de eletricidade com a mínima degradação ambiental possível. Assim sendo, o emprego de recursos renováveis como fontes primárias de energia torna-se cada vez mais importante.

De acordo com o mesmo autor, diante deste consumo elevado, as energias renováveis e a automação vêm ganhando cada vez mais espaço no cenário mundial, suprimindo o consumo energético e controlando melhor a parte automática das fábricas aumentando assim as suas produtividades e, principalmente, preservando o meio ambiente, tendo em vista que estes recursos ocasionam danos insignificativos ao meio ambiente se comparado ao não controle destes e os combustíveis fósseis.

A tecnologia fotovoltaica é vista por muitos como um caminho ideal para a geração de energia, através de uma fonte inesgotável e não poluente. Segundo a Agência Internacional de Energia (IEA), a energia solar poderá responder por cerca de 11% da oferta mundial de energia elétrica em 2050, atingindo uma área de 8 mil km<sup>2</sup> ocupada por painéis solares. Já acerca dos CPLs, existem um número ilimitado de aplicações em que podemos utilizá-los como controle de variáveis de processos como vazão, pressão, nível, temperatura, humidade, pH, quantidade de sacarose de um líquido, dosagem de matérias-primas durante a fabricação, por exemplo, de alimentos ou medicamentos; controle de motores elétricos, bombas e máquinas em geral.

## **1.1- Objetivos**

Este trabalho tem como principal objetivo geral:

- Melhorar o sistema de produção de aguardente, acionado com energia solar fotovoltaico.

Para se alcançar o objetivo geral, propõe os seguintes objetivos específicos:

- Analisar o sistema elétrico, bem como o consumo de energia elétrica da fábrica;
- Estudar a radiação solar do local e as tecnologias de produção de energia elétrica, usando módulos fotovoltaicos;
- Dimensionar o sistema fotovoltaico e efetuar a monitorização de alguns parâmetros da fábrica;
- Avaliar a viabilidade económica de todo o sistema.

## **1.2- Justificativa**

Cabo Verde tem enfrentado vários problemas relacionadas ao fornecimento de energia, devido ao isolamento e a reduzida dimensão do mercado energético que utiliza combustíveis fósseis para produzir energia. Esta situação faz com que a economia energética do país esteja fortemente dependente da instabilidade dos mercados petrolíferos. Com base nisso deve procurar fontes alternativas de energia, de modo a reduzir os elevados custos da importação desses combustíveis.

Todo o arquipélago apresenta um excelente recurso solar durante todo ano, que pode ser utilizada, para produção de energia elétrica. A instalação de sistemas de Microprodução, vem ganhando cada vez mais destaque, permitindo assim reduzir o consumo energético, consequentemente reduzir a importação de combustíveis fósseis e os efeitos negativos sobre o meio ambiente.

Nos dias de hoje, nas fabricas de produção de aguardente, devido aos avanços tecnológicos houve a substituição do trabalho efetuado por animais, por meios rotativos (os motores). Normalmente são motores de elevada potência, o que irá aumentar o

consumo energético da fábrica. Tendo com base isto desenvolveu este projeto com o objetivo de reduzir o consumo energético da fabrica de aguardante, melhorar a qualidade do aguardante produzido, com a introdução de um sistema de controlo com CLP, controlando assim os principais parâmetros no processo de fermentação da calda.

### **1.3- Hipótese de Trabalho**

O Dimensionamento de um sistema fotovoltaico para alimentação da Fábrica e controlo de parâmetros das fábricas de grogue na zona de Chã de Pedras é capaz de suprimir as necessidades energéticas da fábrica, bem como resolver os problemas referentes à fermentação da calda.

### **1.4- Metodologia**

Para a realização do trabalho efetuou-se pesquisas bibliográficas em livros, artigos científicos e em teses para melhor conhecimento do tema em estudo, que sustentará todo o estudo de caso do projeto a ser desenvolvido.

No estudo de caso, será efetuado a análise do estado da instalação elétrica do local, estudo da radiação solar no software PVSyst, dimensionamento do sistema solar fotovoltaico no software Sunny Web Design e a programação LADDER no SOMACHINE BASIC e CADe SIMU para controlar os parâmetros no sistema produção de aguardente.

Para efetuar a análise da viabilidade económica do sistema, será utilizado o software RETScreen.

### **1.5- Estrutura Do Trabalho**

O presente trabalho está estruturado em 5 capítulos fundamentais, organizados numa sequência lógica de acordo com os objetivos pretendidos:

O primeiro Capítulo (Introdução), fez-se um enquadramento geral do tema a ser desenvolvido e elencam-se os objetivos que se pretende alcançar, bem como a hipótese de trabalho, problemática e justificativa do mesmo.

No segundo, capítulo apresenta-se a descrição geral sobre energia solar fotovoltaica, onde pode-se encontrar todos os processos de instalação deste tipo de sistema.

No terceiro capítulo inicia-se com uma breve história sobre os controladores lógicos programáveis, toda a estrutura do mesmo, princípio de funcionamento e suas principais aplicações.

O quarto capítulo refere-se ao processo de fabricação de aguardente desde da diluição da cana-de-açúcar, fermentação da calda (caldo) até a fase de destilação de aguardente.

O quinto capítulo é dedicado ao estudo de caso, onde apresenta-se todos os cálculos de dimensionamento dos dois sistemas, tanto PV como também do sistema automático para controlo dos parâmetros e a viabilidade económica do projeto desenvolvido

Este trabalho foi realizado de acordo com as normas APA, utilizada na respetiva universidade.

## **CAPÍTULO II- ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA**

Do ponto de vista ambiental, diante da necessidade da construção de uma nova estratégia energética e climática mundial, o desenvolvimento das energias renováveis é apresentado como parte da solução para um mundo sustentável e pouco carbonoso. As fontes renováveis participam diretamente na luta contra o efeito estufa e as emissões de CO<sub>2</sub> na atmosfera. (NDIAYE, 2013)

Para o mesmo autor citado acima, a ratificação do Protocolo de Quioto assinado por mais de 180 nações (pelo qual os países membros principalmente os desenvolvidos acordaram uma redução de mais de 5% na emissão de gases de efeito estufa em relação aos níveis dos anos 1990 no período entre 2008 e 2012) incentivou bastante a procura por fontes de energias limpas, principalmente a energia solar, apesar das metas não terem sido cumpridas.

Estudos realizados pela EPIA (*European Photovoltaic Industry Association*) indicam que em 2030, o impacto da contribuição da energia solar na redução anual de emissões de CO<sub>2</sub> seria mais de 1,6 bilhões de toneladas. Esta redução é equivalente à produção de 450 centrais elétricas movidas a carvão (tamanho médio 750 MW). A redução cumulativa de CO<sub>2</sub> provenientes da geração de eletricidade solar entre 2005 e 2030 terá atingido um nível de nove bilhões de toneladas.

A energia solar fotovoltaica possui um caráter descentralizado, bem distribuído. Mais de  $\frac{3}{4}$  da população mundial fazem parte do cinturão do sol (países onde a intensidade de irradiação solar supera 1000 kWh/m<sup>2</sup>) e é consumida em geral perto do local de produção. Pode ser aproveitada tanto nos centros urbanos como nos locais remotos, isolados ou afastados das redes de energia elétrica e/ou com baixas densidades populacionais. Na Figura 1 mostra a radiação solar em cada país (NDIAYE, 2013).

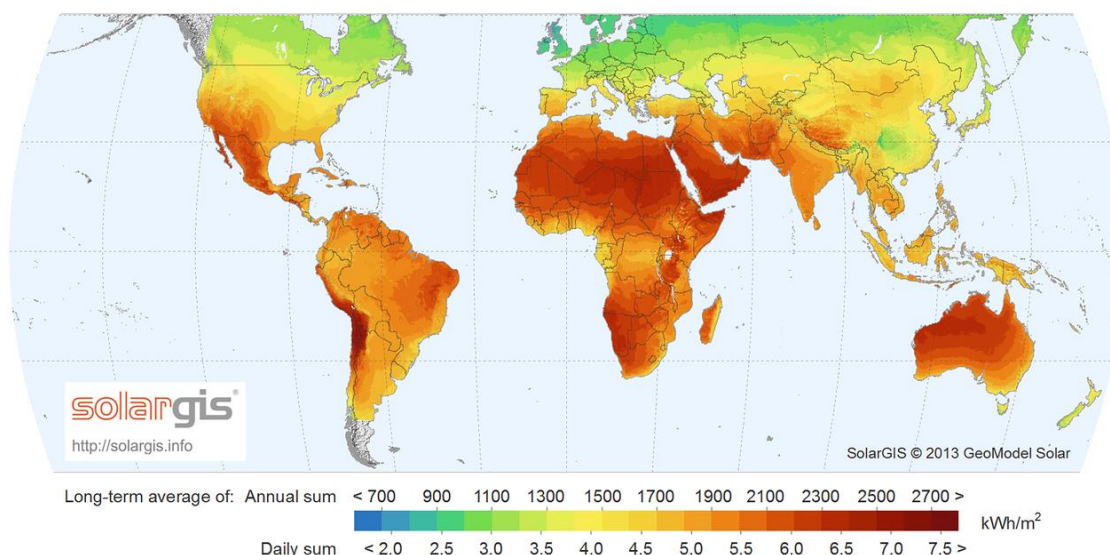


Figura 1: Intensidade de irradiação solar 2013

Fonte: <http://solargis.info>

## 2.1- Caracterização Da Radiação Solar Em Cabo Verde

Cabo Verde é um arquipélago localizado junto à costa da África ocidental, entre as latitudes 14°23' e 17°12' norte e as longitudes 22°40' e 25°22' oeste, faz parte do grupo biogeográfico e ecológico denominado Macaronésia, uma vasta região do Oceano Atlântico, constituída por cinco grupos de ilhas situadas ao largo da costa do sudoeste europeu e nordeste de África (GRAÇA, 2019).

Grande parte do território cabo-verdiano apresenta uma radiação global entre os 1800 e os 2100 kWh/m<sup>2</sup> /ano para a inclinação e exposição natural do terreno. Relativamente ao número de horas do sol, mais de metade de Cabo Verde apresenta um potencial de mais de 3750 horas de sol por ano, que é maior comparado com a média de horas de sol por ano em Portugal, que ronda os 2200 a 3000 horas (GESTO, 2012).

A Figura 2 mostra os níveis de radiação global em Cabo Verde.



Figura 2: Radiação global em Cabo Verde

Fonte: Gesto (2012)

## 2.2 - Célula Fotovoltaica

Células fotovoltaicas são dispositivos que convertem diretamente a luz do Sol em eletricidade. Esse processo requer a presença de um material semicondutor que, na presença de radiação, é capaz de elevar o estado energético dos seus elétrons. São empregados materiais semicondutores, na forma de junções P-N, para ocorrer o efeito fotovoltaico. O material P apresenta baixa concentração de elétrons, enquanto o N apresenta essas partículas em excesso. A difusão desses elétrons gera corrente contínua entre os elétrodos da célula (BLUESOL 2012 E WIKIENERGIA, 2009).

O funcionamento dessas células é ilustrado na Figura abaixo.

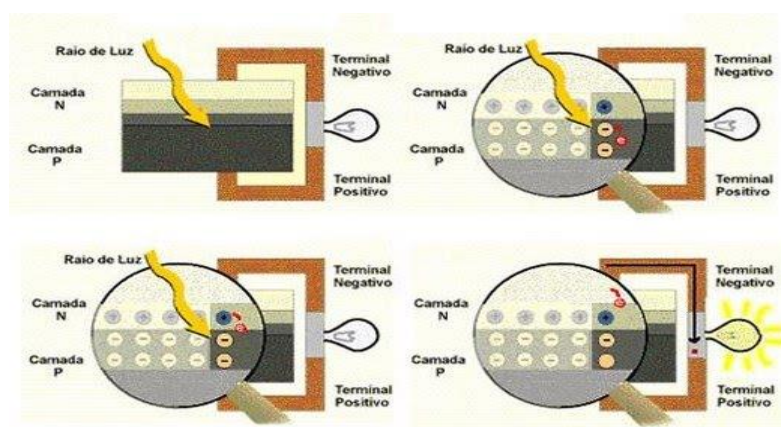


Figura 3: Ilustração do efeito fotovoltaico na junção P-N de uma célula ligada a um circuito elétrico.

Fonte: CRESESB



### **2.2.1- Tipos de células Fotovoltaicas**

Os três principais tipos de células fotovoltaicas são: silício monocristalina, silício policristalino e filmes finos ou silício amorfo. O aumento da demanda, o aprimoramento técnico de produção e a diminuição do preço do silício no cenário mundial, tornaram as células de silício cristalizadas mais comercializadas no mercado, sendo assim, as mais utilizadas para o sistema fotovoltaico (BLUESOL 2012 e WIKIENERGIA, 2009).

#### **2.2.1.1 - Células de silício monocristalinas**

As células de silício monocristalinas são formadas por apenas uma semente de monocristal de silício. O rendimento elétrico é bastante elevado, chegando a até 23% em testes de Laboratório e este tipo de células fotovoltaica representam a primeira geração. O processo mais utilizado para se chegar as qualificações desejadas é chamado “processo Czochralski”. O silício é fundido juntamente com uma pequena quantidade de dopante, normalmente o boro que é do tipo p (PORTAL DE ENERGIA, 2020).

Após o corte e limpeza de impurezas das fatias com uma faixa de pureza de 99,9999%, com uma estrutura de cristal perfeita, baixa densidade de defeitos na rede, deve-se introduzir impurezas do tipo N de forma a obter a junção. Este processo é feito através da difusão controlada onde as fatias de silício são expostas a vapor de fósforo em um forno onde a temperatura varia entre 800 a 1000 °C (PORTAL DE ENERGIA, 2020).

#### **2.2.1.2 - Células de silício policristalinas**

As células de silício policristalinas são constituídas de diversos cristais em contato entre si, dispostos de maneira não alinhada, tendo como objetivo, a redução nos custos de fabricação. A eficiência, no entanto, cai um pouco em comparação as células de silício monocristalinas. O processo de pureza do silício utilizada na produção das células de silício policristalinas é similar ao processo do Si monocristalina, o que permite obtenção de níveis de eficiência compatíveis. Basicamente, as técnicas de fabricação de células policristalinas são as mesmas na fabricação das células monocristalinas, porém com menores rigores de controle. (PORTAL DE ENERGIA, 2020)

### 2.2.1.3- Silício amorfo ou filmes finos

As células a-Si são camadas extremamente finas de silício, muitas vezes não tendo mais do que 0,5 micrómetros de espessura com uma estrutura amorfa, o que reduz os níveis de eficiência quando comparado com as células cristalinas. Sua eficiência não passa de 6%, mas o custo por metro quadrado é a metade do silício cristalino. Uma célula de silício amorfo difere das demais estruturas cristalinas por apresentar alto grau de desordem na estrutura dos átomos. (PORTAL DE ENERGIA, 2020)

No quadro abaixo podemos ver as principais vantagens e desvantagens destes tipos de células PV, onde poderemos constatar que as células monocristalinas é o que apresenta melhor relação entre custo/rendimento comparado com as demais.

Tipos de Células PV	Vantagens	Desvantagens
<b>Célula de Silício Monocristalina</b>	Atualmente as células monocristalinas possuem a eficiência mais alta (entre 15% e 22%) dentre as tecnologias comercialmente viáveis.	Os módulos PV monocristalinos são mais caros, uma vez que a eficiência é maior e o seu processo de fabricação é mais demorado devido a pureza do silício;
	Ocupam menos espaço para gerar a mesma quantidade de energia elétrica, uma vez que estes possuem uma eficiência maior eles	Há uma grande quantidade de silício desperdiçado na hora de fabricação destas células.
	A vida útil dos painéis monocristalinos é maior que 30 anos e eles vem com garantia de 25 anos;	
	Tendem a funcionar melhor do que as células policristalinas em condições de pouca luz.	
<b>Célula de Silício Policristalina</b>	A quantidade de silício residual gerado durante o processo de corte dessas células é menor em comparação com as células monocristalinas	A eficiência de painéis solares policristalinos é tipicamente entre 14 e 20%. Isso é devido, principalmente, a menor pureza do polisilício.
	Tendem a ser um pouco mais baratos que células monocristalinas;	Menos Watts por hora por m². Você normalmente precisa de uma área maior de painéis policristalinos para gerar a mesma quantidade de Watts/m² que o módulo monocristalino.
	A vida útil dos módulos policristalinos é maior que 30 anos e eles vem com garantia de 25 anos.	
<b>Células de Silício amorfo ou filmes finos</b>	A produção em massa é simples em comparação com a tecnologia cristalina e é mais barata que as outras	Módulos PV de filme fino não são, em geral, utilizados na maioria das instalações de sistemas PV.
	Sua aparência homogênea é esteticamente bonita;	Eles são baratos, mas eles também exigem uma grande quantidade de espaço;
	Pode ser feito flexível, o que abre um leque de aplicações muito grande;	Menos eficiência por m² significa que o seu custo com estrutura de instalação, mão-de-obra e cabeamento tende a aumentar.
	Altas temperaturas e sombreamento de árvores e outras obstruções têm menos impacto sobre o desempenho destes.	Tendem a degradar mais rapidamente do que as células mono e policristalinas, e é por isso que eles geralmente vêm com uma garantia mais curta.

Tabela 1: Vantagens e Desvantagens das células PV

Fonte: Autoria própria a partir da PortalSolar, 2020

### 2.2.2- Curva I-V de uma célula fotovoltaica<sup>1</sup>

No Gráfico 1 mostra-se a curva I-V típica de um módulo fotovoltaico. A partir da curva I-V são determinados os parâmetros elétricos que caracterizam um módulo fotovoltaico: a tensão de circuito aberto ( $V_{OC}$ ), a corrente de curto-circuito ( $I_{SC}$ ), o fator de forma (FF), a eficiência ( $\eta$ ), a potência máxima ( $P_{MP}$ ), a corrente elétrica ( $I_{MP}$ ) e a tensão elétrica ( $V_{MP}$ ) no ponto de máxima potência. Nesta curva, estão presentes a maioria das propriedades elétricas descritas acima (CASTRO, 2011).

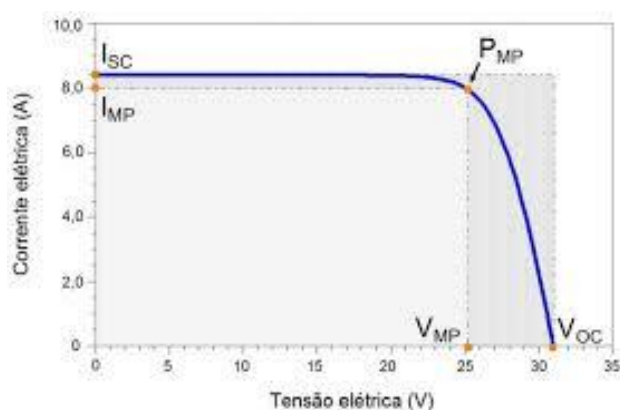


Gráfico 1: Curva da corrente elétrica em função da tensão aplicada a um módulo fotovoltaico

Fonte: [anaiscbens.emnuvens.com.br](http://anaiscbens.emnuvens.com.br)

### 2.2.3- Fatores que afetam o desempenho de uma célula fotovoltaica

Sabe-se que a geração de corrente elétrica por um dispositivo (neste caso as células fotovoltaicas) esta diretamente relacionada a três fatores principais: a temperatura de operação, radiação solar e o nível de sombreamento.

#### 2.2.3.1-Variação da corrente e tensão de um módulo fotovoltaico em função de sua temperatura de operação.

Nota-se que a tensão entre os terminais diminui à medida que a temperatura de operação do dispositivo fotovoltaico aumenta, enquanto que a corrente permanece essencialmente

---

<sup>1</sup> Um módulo fotovoltaico é caracterizado eletricamente por meio da curva da corrente elétrica em função da tensão aplicada (curva I-V), sob condições padrão de medição: irradiância de 1000 W/m<sup>2</sup>, espectro solar AM1,5G e temperatura do módulo fotovoltaico de 25 °C. Para realizar a medição, geralmente utiliza-se um simulador solar tipo “flash” e um sistema de medição automatizado.

estável. Segundo FOSTER *et al.* (2009), a tensão de operação de um módulo fotovoltaico é reduzida, em média, para dispositivos cristalizados, em torno de 0,5% para cada grau Celsius acima das condições de teste (STC).

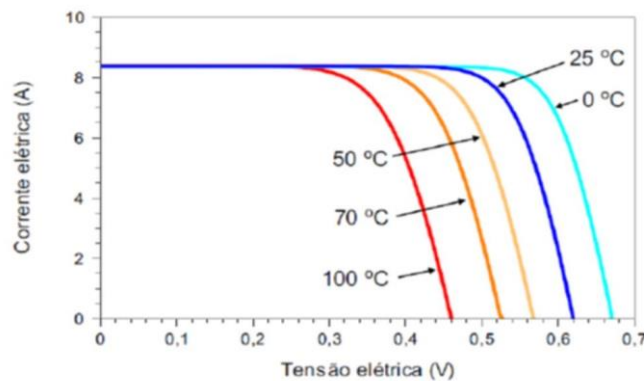


Gráfico 2: Variação da corrente e tensão de um módulo fotovoltaico em função da temperatura

Fonte: <https://involtsolar.com.br>

### 2.2.3.2- Variação da corrente e tensão de um modulo PV em função da irradiação solar

Tendo em conta o Gráfico 3, pode-se observar que a tensão permanece praticamente constante com o aumento da irradiação, enquanto que a corrente aumenta significativamente. Isto porque um fóton, com energia suficiente, energiza um elétron. Logo, quanto maior a irradiância, maior a quantidade de fótons, e maior a corrente elétrica gerada (SOUZA, 2020).

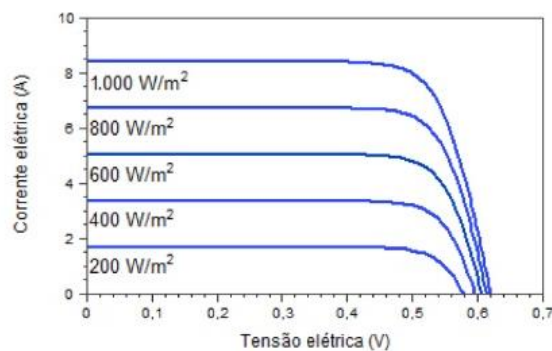


Gráfico 3: Variação da corrente e tensão de um modulo PV em função da irradiação solar

Fonte: [anaiscbens.emnuvens.com.br](http://anaiscbens.emnuvens.com.br)

### 2.2.3.3. Variação de corrente e tensão em função do sombreamento

Os módulos fotovoltaicos comercializados são formados por conjuntos de células fotovoltaicas interligadas em série (Carvalho, 2013), logo, estão sujeitos ao problema do sombreamento. Para amenizar os efeitos, são interligados alguns díodos de bypass a grupos de células.

Segundo HERINGER (2016), quando os painéis estão conectados em paralelo, o efeito significativo é a redução da corrente total disponibilizada pelo módulo. Uma vez conectados em série, o sombreamento pode trazer problemas prejudiciais ao arranjo. Como a corrente que passa pelos módulos deve ser a mesma, o módulo com menor irradiância passa a operar em condição de carga, consumindo potência do sistema, ao invés de fornecer.

Caso ocorra o sombreamento em uma célula, todo o grupo ao qual está inserida será afetado, entrando em funcionamento o díodo que cria um desvio para a corrente gerada no módulo. Quando o sombreamento atinge células de grupos distintos, os díodos entram em funcionamento, o módulo deixa de fornecer potência, evitando assim danos as células. Para minimizar o efeito do sombreamento, díodos de bypass (ou de passagem) são ligados em paralelo com os módulos para desviar a diferença de corrente de um painel com menor irradiância. Desta maneira, a curva característica I-V e P-V resultante do arranjo fotovoltaico sofre algumas alterações (Hecktheuer, 2001).

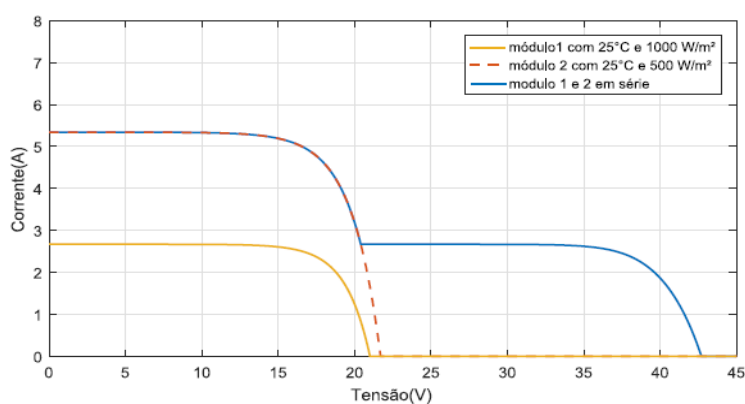


Gráfico 4: Curva I-V de um módulo sob efeito do sombreamento

Fonte: HERINGER, 2016

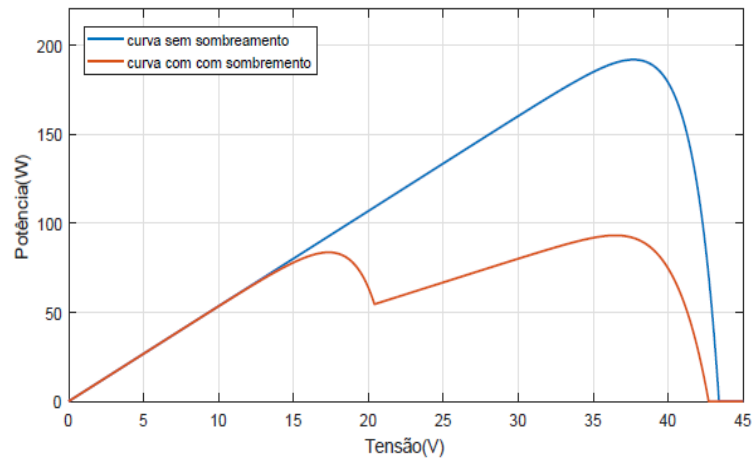


Gráfico 5: Curva P-V de um módulo sob efeito do sombreamento

Fonte: HERINGER, 2016

#### 2.2.4- Associação das células fotovoltaicas

Os sistemas fotovoltaicos podem empregar um grande número de módulos que, quando articulados a outros componentes, torna-se um sistema fotovoltaico. Para garantir maiores níveis de potência, tensão ou corrente, os módulos podem ser associados em paralelo, em série ou mista, dependendo dos valores desejados (CARNEIRO, 2010)

##### 2.2.4.1- Associação em paralelo

Quando módulos são conectados em paralelo, Figura 9, a tensão de saída do conjunto é a mesma tensão fornecida por um módulo individual, Equação 1. Entretanto, a corrente fornecida pelo conjunto é a soma das correntes dos módulos do conjunto, Equação 2.

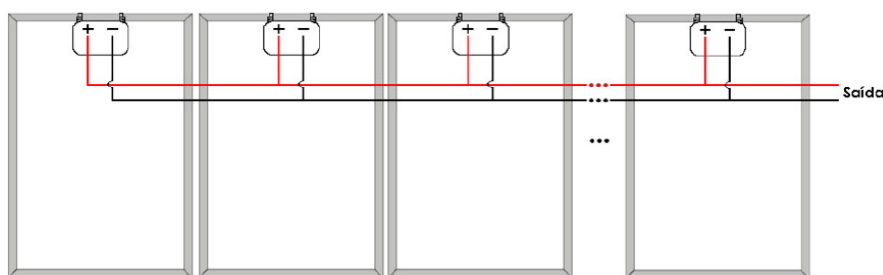


Figura 4: Associação em paralelo de módulos PV

Fonte: <https://docplayer.com.br/>

Valor total de tensão no arranjo paralelo:

$$V_T = V_1 = V_2 = V_3 = \dots = V_n$$

**Equação 1:** Valor total de tensão no arranjo paralelo

Valor total de corrente no arranjo paralelo:

$$\Delta I_T = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n$$

**Equação 2:** Valor total de corrente no arranjo paralelo

### 2.2.4.2- Associação em série

Quando os módulos fotovoltaicos são conectados em série, Figura 10, a tensão de saída do conjunto corresponde à soma de tensão fornecida por cada um dos módulos, Equação 3. Já a corrente que circula pelo conjunto é a mesma em todos os módulos, Equação 4 (CARNEIRO, 2010).

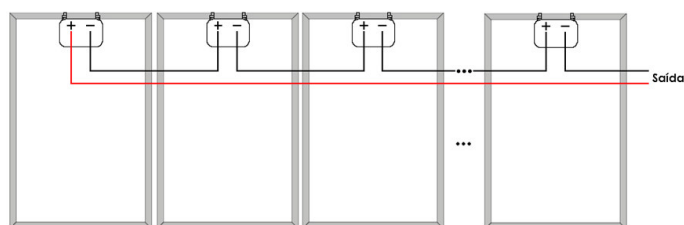


Figura 5: Associação em série de Módulos PV

Fonte: <https://docplayer.com.br/>

Valor total de tensão no arranjo série:

$$V_T = V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n$$

**Equação 3:** Valor total de tensão no arranjo série

Valor total de corrente no arranjo série:

$$I_T = I_1 = I_2 = I_3 = \dots = I_n$$

**Equação 4:** Valor total de corrente no arranjo série

### 2.2.4.3- Associação mista

Comumente, nos sistemas fotovoltaicos não são encontrados apenas uma forma de associação em série ou em paralelo dos módulos, mas sim, uma combinação das duas. Tal combinação é denominada combinação mista. Através da ligação em paralelo, você poderá realizar a ligação de diversos painéis solares, porém você deve prestar atenção aos valores de corrente. Se o seu valor de saída é maior do que 70Ampéres, os seus painéis e seu sistema podem sofrer danos e problemáticas relacionadas com a gestão da corrente. Para evitar isso, se usa a forma de ligação mista dos painéis solares, em modo de aumentar a tensão e corrente ao mesmo tempo (MPPTSOLAR, 2020).

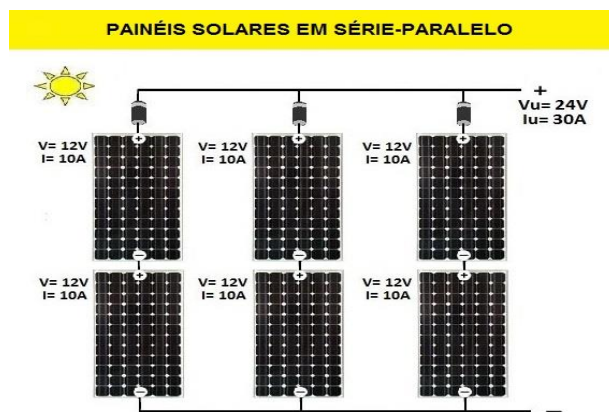


Figura 6: Associação mista de módulos PV

Fonte: <https://www.mpptsolar.com>

## 2.3- Sistema fotovoltaico

Um sistema fotovoltaico (SF) para geração de energia elétrica é um conjunto integrado de equipamentos, painéis fotovoltaicos e outros componentes, projetados para converter a energia solar em eletricidade. De acordo com sua aplicação final, os sistemas fotovoltaicos podem ser classificados de três maneiras: conectado à rede (on-grid), desligado à rede (off-grid) e híbrido, o qual apresenta mais de uma fonte de geração de energia. Como o objetivo deste trabalho é projetar um sistema fotovoltaico conectado à rede (SFCR), apenas esse processo será detalhado.



### **2.3.1- Sistema fotovoltaico conectado a rede (ON-GRID)**

Também chamados de on grid, este tipo de sistema fotovoltaico precisa, necessariamente, estar conectado à rede de distribuição de energia. São mais eficientes que os sistemas off-grid e dispensam a utilização das baterias e dos controladores de carga, o que faz com que seu kit tenha um preço mais baixo.

No caso de sistemas on-grid, os inversores terão, além da função tradicional de converter a corrente contínua (CC) em corrente alternada (CA), a função de sincronizar o sistema com a rede pública. No sistema on-grid, por não possuir dispositivo de armazenamento, toda a energia excedente produzida (aquela que não é utilizada pela residência ou pela empresa) é enviada de volta à rede convencional de energia elétrica (em Cabo Verde isso ainda não é possível devido a ausência de contadores bidirecional, uma vez que se for enviado a energia excedentária para a rede pública essa energia será registrada como consumo de energia nos contadores normais uma vez que este não conseguem distinguir o consumo de energia da rede pública com a energia enviada pelo sistema PV a essa mesma rede, o que implica um aumento significativo na contas de eletricidade mensal) (CASTRO, 2011).

Apesar desse problema, esse é o sistema utilizado na realização do trabalho uma vez que torna a melhor escolha se comparados com os outros sistemas, principalmente em termos financeiros e técnico.

### **2.3.2- Sistema fotovoltaico desligado da rede (OFF-GRID)**

São aqueles sistemas autônomos, independentes da rede de distribuição de energia elétrica, que se sustentam através de baterias, que são seus dispositivos de armazenamento. São compostos por painéis solares, cabos e estrutura de suporte, que compõem juntos o bloco de geração de energia; inversores e controladores de carga, que formam o bloco de condicionamento de potência; e as baterias propriamente ditas, que são do bloco de armazenamento. Devido ao fato de as baterias serem a única fonte alternativa de energia para momentos ausentes de radiação solar, é preciso dimensioná-

las levando em conta as características climáticas do local e a demanda de energia sobre o sistema.

### **2.3.3- Sistema fotovoltaico com produção híbrida**

Segundo PINHO *et al.* (2008) os sistemas híbridos são definidos como aqueles que utilizam mais de uma fonte energética (da rede elétrica, eólica ou outro tipo de gerador), de pequeno e médio porte para geração de eletricidade apresentam-se como uma forma importante do uso das energias renováveis.

HOCHMUTH (1998) salienta ainda que um sistema renovável único para atender uma carga, também não seria interessante, uma vez que o sistema seria superdimensionado para ser seguro e confiável.

Os sistemas SFH podem trabalhar com reserva em baterias ou outra fonte, garantindo a segurança de fornecimento e manutenção das baterias como back-up, como ocorre com no-breaks, mas com autonomia e recursos muito maiores (SEELING, 1997).

Sendo assim estes tipos de sistema apresentam algumas vantagens e desvantagens importantes que temos de levar em consideração na hora de escolha do melhor sistema:

Sistemas PV	Vantagens	Desvantagens
Off-Grid	Pode ser instaladas em zonas remotas, por ser independente da rede pública	Necessita de baterias e controladores de carga
	Não a custo de eletricidade mensal	Custo mais elevado
	Possui um sistema de armazenamento de energia	Menos eficiente
On-Grid	Dispensa utilização de baterias e controladores de carga, logo é mais barato que o Off-Grid	Necessita do acesso a rede de distribuição pública
	Possibilita em alguns casos o consumidor adquirir créditos de energia	Não a sistema de armazenamento de energia
	Mais eficiente	Necessidade de pagar a conta de eletricidade quando a demanda for maior que a produção
Híbrido	Economia através do uso de fonte renovável de geração elétrica (solar),	Requerem um maior custo de investimento devido o elevado custo das baterias.
	Flexibilidade ao obter de mais de uma fonte de energia	A instalação é mais complexa, necessitando assim de mais espaço. Novamente devido às baterias.
	Segurança pois tem a reserva em baterias, com autonomia e by-pass automático entre as fontes de alimentação, reduzindo ao mínimo a possibilidade de paradas.	As baterias têm um prazo de vida entre 7 a 15 anos. Por esse motivo talvez ainda não compense investir neste tipo de sistema de produção de energia.
	O aproveitamento conjugado e otimizado dos recursos disponíveis, possibilita a redução de custos de investimento e operacionais	Dependendo do tipo de inversor e respetiva capacidade, pode limitar o número de equipamentos a usar ao mesmo tempo.

Tabela 2: Vantagens e Desvantagens dos tipos de Sistema PV

Fonte: Autoria própria

### 2.3.2- Componentes de um SFCR

Em geral para um SFCR, sistema este utilizado neste trabalho, possui os seguintes componentes (CASTRO, 2011):

- Módulos fotovoltaicos;
- Caixa de junção dos módulos fotovoltaicos;
- Caixa de interruptor principal;
- Caixa de isolamento CA e CC;
- Estruturas de suporte;
- Inversor interativo;
- Medidor bidirecional de energia;
- Sistema de proteção;
- Cabos CC e CA.

### 2.3.2.1- Módulos FV

O MF, é um conjunto de células conectadas em série, agrupadas, laminadas e embaladas entre folhas de plástico e vidro. Cada conjunto possui uma estrutura de suporte que lhe confere rigidez e facilidade para manuseamento e instalação. O módulo dispõe ainda, de uma caixa de junção, localizada em seu posterior, onde ficam guardadas as conexões dos condutores responsáveis por transferir a energia gerada e integrá-la a outro equipamento (SOUZA 2014).

As características elétricas dos módulos fotovoltaicos compreendem as seguintes definições (SOUZA 2014).

- Corrente de máxima potência ( $I_{MP}$ ): é o valor da corrente, medido em amperes, quando o dispositivo apresenta a máxima transferência de potência.
- Tensão em máxima potência: ( $V_{MP}$ ): é o valor de tensão, medido em volts, quando o dispositivo apresenta máxima transferência de potência.
- Potência nominal ( $P_N$ ): é a máxima potência que o módulo pode fornecer na condição padronizada de teste. Ou seja, é o valor da potência no ponto de máxima potência mostrado no Gráfico 7. O valor da máxima pode ser determinado pela equação:
- Tensão em circuito aberto ( $V_{OC}$ ): é o valor máximo de tensão, medido em volts, entre os terminais do dispositivo, sem a presença de carga.
- Corrente em curto circuito ( $I_{SC}$ ): é o valor máximo de corrente, medido em amperes, que um dispositivo pode fornecer quando um circuito externo sem resistência é conectado aos seus terminais (condição de curto circuito). Está localizada no ponto onde a curva I- V toca o eixo y, ou seja onde a tensão é zero.
- Eficiência ( $\eta$ ): é o quociente entre a potência gerada e a irradiância incidente sobre o módulo.

### 2.3.2.2- Caixa de junção

É responsável por conectar todos os módulos de um sistema *strings* fotovoltaico e abrigar alguns dispositivos de proteção, tais como: díodos de *by-pass*, díodos de bloqueio,

fusíveis, dispositivos de produção contra surto (DPS) e interruptor geral CC (ARAÚJO, 2014).



Figura 7: Caixa de junção

Fonte: produto.mercadolivre

#### **2.3.2.3- Caixa de interruptor principal**

É mais um componente de isolamento e segurança dos sistemas para caso de falhas elétricas. Ele está localizado após o inversor e antes do medidor bidirecional de energia (ARAÚJO, 2014).

#### **2.3.2.4- Caixa de isolamento CA e CC**

Este componente nada mais é do que um isolamento que protege a entrada e a saída do inversor, possibilitando sua desconexão segura, caso necessário (Araújo, 2014).



Figura 8: Caixa de isolamento CA e CC

Fonte: produto.mercadolivre.com.br

### **2.3.2.5- Estruturas de suporte**

Tão importantes quanto os módulos fotovoltaicos, são as estruturas que os contêm. O mau funcionamento dos suportes reduz os investimentos na tecnologia limpa da energia solar. Para cada caso, há uma solução. No caso de telhados, deve ser verificado o tipo de telha ou de madeiramento, assim como a estrutura que suporta o telhado. Nas instalações em plano horizontal deve ser verificada a altura mínima e também as cargas de vento que adicionam um esforço mecânico aos suportes e ancoragens. Em todos os casos deve ser observada a correta orientação e inclinação do painel. A correta orientação permite captar o máximo de energia ao meio dia solar e horas próximas, que é o momento de maior concentração da radiação solar, compensando a menor irradiância nos períodos de inverno (MELO, 2018).

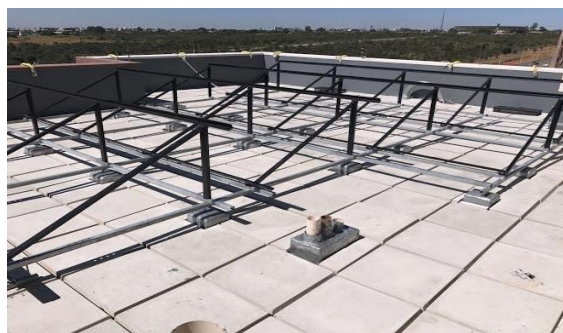


Figura 9: Estruturas de suporte

Fonte: [agenciaenergia.com.br](http://agenciaenergia.com.br)

### **2.3.2.6- Inversor**

Este equipamento é responsável por converter a corrente contínua gerada pelos MF em corrente alternada, para que a mesma possa ser distribuída para o respectivo consumidor.

O inversor interativo é um equipamento eletrônico complexo, composto por uma estrutura básica de transístores de potência, placa de controle com microprocessador, filtros de entrada, sofisticado sistemas de controle e proteção embutidos na programação do microprocessador e sistemas auxiliares de interface e comunicação e apresenta funcionamento complexo, operando em sincronismo com a rede, ou seja, fornecendo valores de corrente, frequência e tensão alternada o mais próximo possível

dos da rede. Além de fornecer energia para rede, o inversor também atende as necessidades da unidade consumidora, injetando apenas o excedente na linha de distribuição (ARAÚJO, 2014).



Figura 10: Inversor e estrutura interna do mesmo

Fonte: <https://canalsolar.com.br/>

#### 2.3.2.7- Medidor bidirecional de energia

Equipamento responsável por medir toda a energia que entra na unidade consumidora, através da distribuidora e que sai da mesma, através do SFCR. Em geral, os medidores convencionais utilizados pelas concessionárias de energia não possuem essa capacidade de dupla medição, o que acarreta na necessidade da troca dos mesmos para a adequação aos SFCR (MELO, 2018).

#### 2.3.2.8- Cabos CC e CA

Os cabos são responsáveis pela interconexão de todos os demais componentes, para cada parte do sistema, existe um cabo específico. Os cabos da parte contínua saem dos painéis solares e seguem até o inversor (ou controlador de carga e baterias no caso de sistemas off grid) e são expostos muitas vezes às intempéries (chuva, radiação UV), e por isso, devem ser próprios para aplicações solares, e seu dimensionamento deve seguir a seguinte regra:

$$I_{cabo} \geq 1,25I_{cc}$$

Equação 5: Capacidade de corrente do cabo deve ser superior em 25%

Essa equação diz que a capacidade de corrente do cabo deve ser superior em 25% à corrente de curto circuito (em 80°C) do arranjo fotovoltaico. Além desse critério, também é necessário respeitar os limites de queda de tensão ao longo do cabo, assim, a secção do mesmo deve ser suficiente para evitar quedas de tensão exageradas. Para definir a secção do fio, pode-se usar a equação abaixo (GRAÇA, 2019).

$$A \geq \frac{LI}{\sigma 0,01V}$$

Equação 6: Secção do fio CC

Nessa equação, L é o comprimento do cabo, I é a corrente, V é a tensão do arranjo fotovoltaico e  $\sigma$  é a condutividade do cobre (46 Sm/mm<sup>2</sup> a 80°C). De posse do resultado das duas equações, escolhe-se o condutor com a maior secção.

O cabo AC, efetua a interligação do inversor com o quadro geral de energia da instalação. Com o auxílio das equações abaixo, podemos determinar a secção dos cabos CA (GRAÇA, 2019).

$$\text{Para sistemas monofásicos: } A \geq \frac{L \cos \theta}{0,03 V_n \sigma}, V_n = 220 V$$

$$\text{Para sistemas trifásicos: } A \geq \frac{\sqrt{3} L \cos \theta}{0,03 V_n \sigma}, V_n = 380 V$$

Equação 7: Secção dos cabos CA.



Onde  $\cos\theta$  é o fator de potência da carga (residência), pode-se adota-lo como 1 para sistemas residenciais. Novamente deve-se escolher a maior seção calculada.

#### **2.3.2.9- Sistemas de proteção**

Vários sistemas de proteção podem ser aplicados aos SFCR, sendo alguns obrigatórios e outros opcionais. Os componentes de proteção AC mais comuns são os disjuntores, aparelhos que isolam o sistema automaticamente caso ocorra alguma sobrecarga ou curto-circuito, descarregadores de sobretensão AC. No lado DC, é colocado os seguintes dispositivos proteção; díodos de by-pass, díodos de bloqueio, descarregador de sobretensão e fusíveis (WINKENERGIA, 2020).

#### **2.3.3 - Sistema de Monitorização e controlo**

De acordo com o conceituado site DONAUER, um sistema de monitorização permite-lhe controlar a produção da sua instalação fotovoltaica. Pode comparar, analisar e visualizar dados do sistema de energia solar fotovoltaica. A monitorização é essencial para poder aproveitar ao máximo o rendimento do seu sistema fotovoltaico, bem como detetar antecipadamente eventuais falhas e/ou avarias, destes podemos destacar:

##### **2.3.3.1- Sunny Home Manager**

O Sunny Home Manager é o gestor inteligente de energia da SMA, o qual permitirá o uso mais eficiente da energia PV na fábrica em questão. Otimiza o autoconsumo fotovoltaico e reduz significativamente o custo da eletricidade. Para isso, mede a potência fotovoltaica gerada, a eletricidade adquirida e a injetada na rede, e dá uma visão geral de todos os fluxos de energia relevantes (FFSOLAR, 2020).

##### **2.3.3.2- Solar log**

É um sistema de monitorização de aplicação universal lançado no mercado em 2005. A vantagem da Solar-Log é que pode ligar-se aos inversores fotovoltaicos da maior parte das marcas, incluindo conversores de dois fabricantes diferentes simultaneamente. Este sistema de monitorização também faz comparações de potência de diferentes séries de

painéis solares e inversores fotovoltaicos. Permite que o cálculo da rentabilidade gerada por uma instalação de energia solar assim como mostra esta análise em duas moedas diferentes (KRANNICH, 2020)



Figura 11: Sistema de monitorização Solar log

Fonte: <https://www.d-solarsystems.com>

#### 2.3.3.3- OWL

O OWL é o equipamento ideal para monitorizar remotamente o consumo de energia em instalações mono e trifásicas até 200A/fase. Através da Internet é possível visualizar o consumo de eletricidade em tempo real e o histórico de consumo a partir de qualquer computador ou através de uma aplicação gratuita para o seu telemóvel ou computador (SOLARSYSTEMS, 2020).



Figura 12: Sistema de monitorização OWL

Fonte: <https://www.efimarket.pt/pack-owl>

#### 2.3.3.4- SEAWARD

O PV200 fornece uma solução de teste e diagnóstico altamente eficiente e eficaz para sistemas PV, realizando todos os testes de comissionamento exigidos e realizando medições rápidas e precisas das curvas I-V. Quando utilizado em conjunto com o medidor

de irradiância Solar Survey 200R, os dados de medição do PV200 podem ser convertidos para STC, utilizando a aplicação PVMobile ou o software SolarCert Elements, permitindo uma comparação direta com os dados publicados pelo fabricante do módulo fotovoltaico. (SEAWARD, 2020)



Figura 13: Sistema de Monitorização SEAWARD

Fonte: <https://www.d-solarsystems.com>

#### **Vantagens da monitorização de energia:**

- Controle a produção do seu sistema solar;
- Receba alertas caso o seu sistema solar deixe de produzir;
- Saiba os consumos de energia do consumidor;
- Desligue e ligue os seus equipamentos elétricos onde e quando quiser;
- Programe a eficiência energética da sua casa.

## **CAPÍTULO III – SISTEMA DE CONTROLO E AUTOMATIZAÇÃO**

### **3.1- Automação Industrial**

A automação está a cada dia que passa mais presente no dia-a-dia das pessoas e este fato se deve principalmente á popularização dos computadores. Em todos os locais, as pessoas deparam-se com a presença de computadores e automação de processos. Isso ocorre em bancos, supermercados, lojas, bibliotecas, hospitais, enfim, em toda a parte (ALBUQUERQUE & ALEXANDRIA, 2009).

Pode-se dizer que o desejo de controlar os processos industriais acompanha o homem desde a criação das primeiras máquinas. Até a década de 1940, elas eram operadas manualmente por um grande número de operadores, os quais valiam-se de alguns poucos instrumentos mecânicos elementares que realizavam controle local (GUTIERREZ E PAN ,2008).

O termo Automação, do inglês *automation*, foi um termo inventado pelo marketing da indústria de equipamentos da década de 1960. O neologismo, sem dúvida, buscava enfatizar a participação de computadores no controle automático industrial (MORAES E CASTRUCCI, 2007).

Automação descreve um conceito amplo, envolvendo um conjunto de técnicas de controle, das quais é criado um sistema ativo, capaz de fornecer a resposta adequada em função das informações que recebe do processo em que está atuando. Dependendo das informações, o sistema calculará a melhor ação corretiva a ser executada (WEG, 2002).

Inicialmente, a implantação de processos automatizados na indústria tinha o objetivo de alcançar maior produtividade e redução de custos. O investimento para implantação de sistemas automáticos é elevado e, além disso, a nova instalação requer recursos, inclusive humanos, dispendiosos para sua manutenção.

Atualmente, o principal motor da automação é a busca de maior qualidade dos processos, para reduzir perdas, (com reflexo em custos) e possibilitar a fabricação de bens que de outra forma não poderiam ser produzidos, bem como do aumento da sua flexibilidade. Outra justificativa para os pesados investimentos em automação que têm sido feitos é a segurança de processos industriais e de infraestrutura críticos, pois a automação tem sido vista como uma forma de minimizar o erro humano (GUTIERREZ E PAN, 2008).

Hoje, controladores lógicos programáveis, expansões, interfaces homem-máquina, conversores de frequência e medidores de grandezas, controladores de processos, sistemas supervisores e outros elementos, formam redes complexas em fábricas, permitindo que a informação trafega de forma instantânea e precisa ao longo de todas as etapas de produção, supervisão, gerenciamento e planejamento (MORAES E CASTRUCCI, 2007).

É imprescindível aos profissionais das áreas de automação industrial e tecnologia da informação, ter sólido conhecimento de redes industriais para que estes profissionais obtenham ferramentas necessárias para o desenvolvimento de aplicações capazes de atender às necessidades atuais das indústrias. (ALBUQUERQUE E ALEXANDRIA, 2009).

### **3.2 - Controladores Lógicos Programáveis (CLP)**

O Controlador Lógico Programável, ou simplesmente CLP, do inglês do inglês Programmable Logic Controller (PLC), pode ser definido como um computador industrial, capaz de armazenar instruções para implementação de funções de controle (sequência lógica, temporização e contagem, por exemplo), além de realizar operações lógicas e aritméticas, manipulação de dados e comunicação em rede, sendo utilizado no controle de Sistemas Automatizados (GEORGINI, 2011).

A sua finalidade, como o próprio nome diz, é controlar um processo através de um algoritmo lógico programável. O Controlador Lógico Programável utiliza uma memória programável para armazenar internamente instruções (SILVEIRA E SANTOS, 2002).

Os Controladores Lógicos Programáveis são classificados pelo seu porte em função do número de pontos de entrada e saída. Os Controladores Lógicos Programáveis de pequeno porte possuem até 128 pontos de entrada e saída. Os CLPs de médio porte possuem entre 128 e 512 pontos de entrada e saída, e os CLPs de grande porte possuem mais de 512 pontos de entrada e saída (BRUNE, 2005).

Um ponto de entrada é considerado o ponto onde um sinal é recebido a partir de um dispositivo, ou componente externo (SILVEIRA & SANTOS, 2002). O ponto de entrada pode ser digital ou analógico.

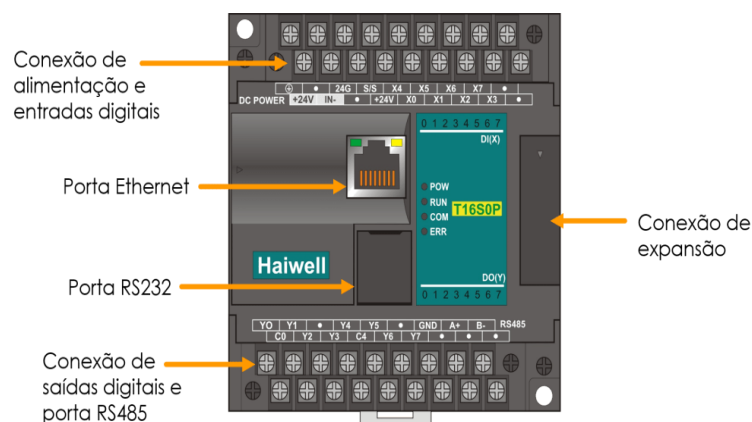


Figura 14: Estrutura externa do PLC

Fonte: <https://alfacompbrasil.com/>

O ponto de entrada digital possui apenas dois estados: ligado ou desligado, enquanto que o ponto de entrada analógica pode interpretar mais de um sinal dependendo do número de bits usados pelo conversor A/D. Por exemplo, um conversor A/D de 10 bits possui 1024 estados. Um ponto de saída é um sinal controlado pelo CLP, o que significa que o

CLP abre ou fecha os contatos de um relé (ou similar), permitindo acionar dispositivos ou componentes do sistema de controle (atuadores) (SILVEIRA E SANTOS, 1998).

Os programas de um CLP são sempre executados de forma cíclica (loop), reiniciando-se automaticamente a execução a partir da primeira linha de programa. A execução completa das linhas que compõem um programa é chamada de ciclo de varredura (*scan cycle*). (NATALE, 2003).

De acordo com o mesmo autor, o CLP apresenta as seguintes vantagens:

- Fácil diagnóstico durante o projeto;
- Economia de espaço devido ao seu tamanho reduzido;
- Não produzem faíscas;
- Podem ser programados sem interromper o processo produtivo;
- Possibilidade de criar um banco de armazenamento de programas;
- Baixo consumo de energia;
- Necessita de uma reduzida equipe de manutenção;
- Tem a flexibilidade para expansão do número de entradas e saídas;
- Capacidade de comunicação com diversos outros equipamentos, entre outras.

### **3.2.1- Tipos de CLP's**

#### **3.2.1.1- PLCs Nano**

É um tipo de PLC construído para ser simples e mais acessível. É projetado para possuir e funcionar com componentes básicos, como a CPU, entradas e saídas integradas e fonte de alimentação. Além dos componentes integrados, também podem funcionar com entradas e saídas digitais e diferentes módulos. Por ser um PLC projetado para ambientes de pequena estrutura, suporta entradas e saídas de forma reduzida (SCACHETTI, 2011).



Figura 15: PLCs Nano

Fonte: <https://automation.crouzet.com/em4-nano-plc>

### 3.2.1.2- PLC Compacto

O PLC compacto consiste em uma CPU, fonte de alimentação, bem como os dispositivos de entrada e saída necessária para que o sistema funcione. Permite a possibilidade de adaptação a outros módulos com características e funções especiais (GEORGINI, 2011).



Figura 16: PLC Compacto

Fonte: [pt.aliexpress.com](http://pt.aliexpress.com)

### 3.2.1.3- PLC Modular

É o tipo de PLC mais complexo, pois pode suportar milhares de entradas e saídas. Possuem uma fonte de alimentação, a CPU, os módulos de entrada e saída. Para isso é adicionado o rack, onde todos os elementos estão colocados. É construído com vários componentes que são conectados a um rack ou barramento comum com recursos de E/S extensíveis, que podem ser dos mesmos fabricantes ou de outros fabricantes. Esses PLCs modulares vêm em tamanhos diferentes com fonte de alimentação variável, recursos de computação, conectividade de E/S e outros componentes (SCACHETTI, 2011).





Figura 17: PLC Modular

Fonte: <https://euroicc.com/solutions/modular-series-of-plc>

### 3.2.2- Constituição de um CLP

Segundo FIALHO (2004), um CLP é constituído por: Entradas e Saídas: onde serão recebidos e enviados os dados; Unidade Central de Processamento (CPU): onde as informações são processadas; Memória: a qual armazenara o programa e os dados; Uma fonte de alimentação.

#### 3.2.2.1- Entradas e saídas

São os elementos responsáveis por receberem e transmitirem um sinal, sendo ele tanto analógico quanto digital.

As entradas contem itens tais como, botões, chaves limites e na grande maioria sensores. Tais sensores podem emitir sinal digital, o qual possui obviamente dois estados ligado ou desligado, assim como um sinal analógico, que possui múltiplos estados (FIALHO,2004). As saídas são dispositivos como solenoides, relés, contadores, partida de motores e etc, que estão conectados a saída do CLP. Analogamente a entrada, a saída possui dois tipos, digitais e analógicas, as quais repassam o sinal do CLP para o atuador desejado (FIALHO, 2004).

As entradas de um CLP podem ser do tipo fonte (*sourcing*) ou do tipo dreno (*sinking*).

- Tipo fonte (*sourcing*), podem ser chamadas de entradas PNP.
- Tipo dreno (*sinking*), podem ser chamadas de entradas NPN.

As entradas tipo PNP (*sourcing*), devem ser conectadas em sensores com saídas NPN;

As do tipo NPN (*sinking*), devem ser conectadas em sensores com saídas PNP;

As saídas digitais podem ser construídas de três formas básicas (FIALHO, 2004).:

1. Saída digital a relé;

A saída a relé aciona as Cargas conectadas tanto em uma tensão AC (Corrente Alternada) como em DC (Corrente Contínua).

A vantagem deste tipo de saída é a de diminuir o risco de danificação do módulo de saída do CLP causado por um surto elétrico.

Porém possui uma pequena vida útil dos contatos se comparados aos outros tipos.

2. Saída Digital a Transistor;

Esta saída pode ser composta tanto por um transistor típico, como por um transistor de efeito de campo (FET), o que promove comutações com alta velocidade.

Este tipo de saída é recomendado quando se trabalha com sinais em Corrente Contínua (DC) e tem uma capacidade de suportar uma corrente de aproximadamente até 1A.

3. Saída a TRIAC

Esta saída é composta por um dispositivo de estado sólido (TRIAC) sendo recomendado para sistemas que trabalhem com sinais em Corrente Alternada (AC) e assim como a saída a Transistor tem uma capacidade de suportar uma corrente de aproximadamente até 1A.

A saída a TRIAC possui uma vida útil de aproximadamente ( $10 \times 10^6$ ) sendo maior que a vida útil da saída a relé.

### 3.2.2.2 – CPU

É a responsável pela execução e armazenamento do programa aplicativo. Esta recebe os dados através da entrada, realiza a operação lógicas seguindo o programa implementado e atualiza as saídas. Possui um processador, memória de programa, memória de dados, relógio de tempo real, timer e uma fonte de alimentação. A CPU funciona exatamente como um computador manipulando os dígitos binários, sendo 1 para energizado e 0 para desenergizado (FIALHO, 2004).

### 3.2.2.3 – Memórias

É um espaço físico destinado a armazenar os dados do sistema. A CPU energiza ou não os bits, dependendo da lógica da operação, cabe então a memória armazenar os bit, os quais são um padrão de carga elétrica que representam um valor numérico. Os CLP's possuem dois tipos de memória, RAM (*Random Access Memory*) e do tipo ROM (*Read Only Memory*) (FIALHO, 2004).

- **Memórias do tipo RAM:** São memórias voláteis, ou seja, seus dados são perdidos assim que deixam de serem alimentadas eletricamente. Sua principal característica reside no fato de que os dados podem ser gravados e alterados rapidamente e facilmente. No CLP, acompanhada de uma bateria ou um condensador, é utilizada para armazenar dados temporariamente.
  
- **Memórias do tipo ROM:** São memórias especialmente projetadas para manter armazenadas informações, que não poderão ser alteradas. Desta forma, é uma memória somente para leitura e seus dados não se perdem caso ocorra falta de energia. Nesse elemento são armazenados os dados do programa de controle do funcionamento e os dados do programa desenvolvido pelo usuário para determinada atividade.

### 3.2.2.4 - Fonte de Alimentação

A fonte de alimentação é a responsável por fornecer energia aos elementos eletrônicos internos do controlador. Esta converte a tensão de entrada, geralmente corrente alternada, em corrente contínua e ainda protege os elementos de picos de tensão. Podem possuir baterias para garantir o funcionamento mesmo se tensão de entrada (FIALHO, 2004).

A figura abaixo ilustrando a constituição de um CLP:

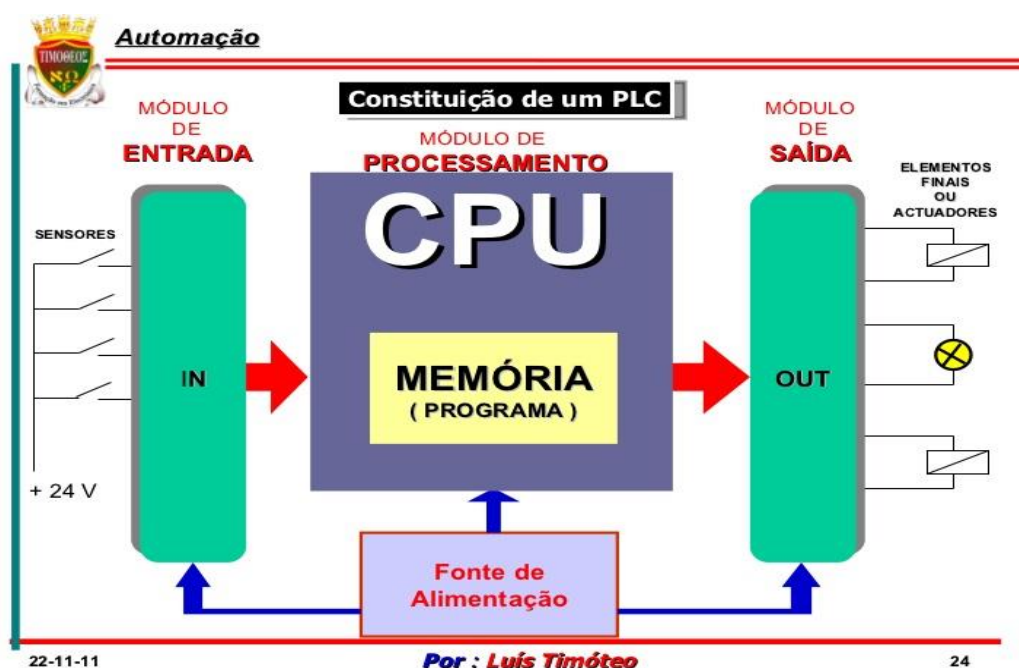


Figura 18: Partes Constituintes de um CLP

Fonte: <https://pt.slideshare.net>

### 3.2.2.5- Ciclo de Processamento do CLP

O princípio de funcionamento de um CLP segundo MARTINS (2012), é semelhante ao de todo sistema microprocessado, baseando-se em três passos:

- 1) Transfere os sinais existentes na interface de entrada para a memória de dados.
  - 2) Inicia a varredura do software aplicativo armazenando-o na memória de dados.
- Dentre deste ciclo, executará todas as operações que estavam programadas no software aplicativo, como:
- Intertravamentos;

- Habilitação de temporizadores/contadores;
- Armazenagem de dados processados na memória de dados.

3) Concluída a varredura do software aplicativo, a CPU transfere os dados processados (resultados das operações lógicas) para a interface de saída. Paralelamente, novos dados provenientes da interface de entrada irão alimentar a memória de dados. A Figura 30 ilustra o ciclo de processamento de cada operação.



Figura 19: Ciclo de processamento de um CLP

Fonte: <http://saladaautomacao.com.br/>

### 3.2.2.6 - Linguagens de Programação

A linguagem de programação utilizada por CLP's é regida pela norma IEC 61131-3, a qual possui 5 tipo de linguagens básicas de programação, onde duas são textuais e três são gráficas: Texto Estruturado; Lista de Instruções; Diagrama de Blocos Funcionais; Diagrama Sequenciais; Diagrama Ladder (MORAES E CASTRUCCI, 2007).

Segundo MORAES e CASTRUCCI (2007), a linguagem Ladder por conter uma programação bastante intuitiva e de fácil aprendizado, é mais utilizada do que as outras linguagens, se tornando praticamente a linguagem de programação para CLP's. A sua origem advém dos diagramas elétricos em Ladder (Escada), os quais utilizam a lógica de relês. A seguir, tem-se um diagrama de comando para acionamento de um motor (figura 37) e um diagrama em Ladder para o acionamento do motor (figura 38) mostrando a origem e a simples compreensão da linguagem Ladder.

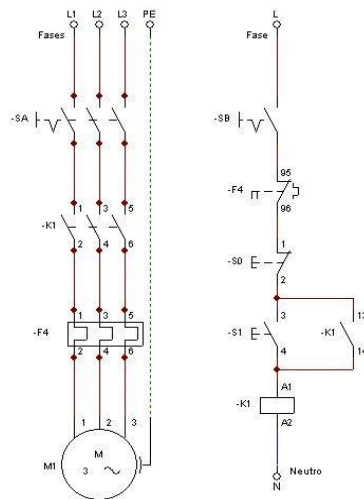


Figura 20: Diagrama de comando para acionamento de um motor

Fonte: Autoria Própria

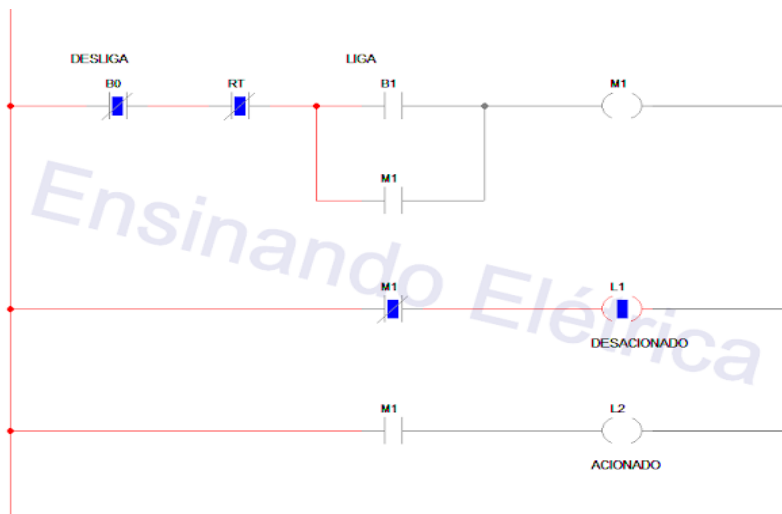


Figura 21: Diagrama em Ladder para acionamento de um motor

Fonte: Autoria própria

### 3.2.3 - Princípio de funcionamento

Um CLP é projetado para controlar processos no ambiente industrial. Para que todo esse controle seja feito, é necessária uma forma de interação entre o CLP e os dispositivos

conectados a ele. Essa forma de interação é realizada através da programação dos CLP's. Para facilitar essa programação foram desenvolvidas diversas linguagens de programação, que se constituem em conjuntos de símbolos, comandos, blocos e figuras.

Os programas para controle dos CLP's são escritos em aplicativos específicos dos fabricantes de CLP's. Utilizando o software, o programa é carregado no controlador e inicia-se, então, o ciclo de operação. Esse ciclo consiste em uma série de operações sequenciais e repetidas que podem sofrer alterações conforme a estrutura do programa (BRADLEY, 1998). A Figura 39 apresenta o princípio de funcionamento de um controlador lógico programável, sendo cada uma das etapas:



Figura 22: Representação do ciclo de varredura do CLP

Fonte: Centro Tecnológico de Mecatrônica SENAI

1. Inicializar: o CLP executa testes no próprio hardware para verificar se sistema está funcionando corretamente e analisa os dados da última queda de energia para determinar o ponto de reinício.
2. Processar funções internas: o sistema monitora o controlador (atualiza os dados do sistema, os valores dos temporizadores, as lâmpadas de status, etc.) e processa requisições externas.

3. Verificar estados das entradas e transferir para a memória: o CLP examina os dispositivos externos de entrada e armazena as informações temporariamente em uma região da memória denominada de memória imagem das entradas.
4. Processar o programa do usuário: o CLP executa as instruções do programa, utilizando o estado das entradas armazenado na memória imagem de entrada, e determina os estados das saídas. Estes estados são armazenados em uma região da memória denominada de memória imagem das saídas.
5. Atualizar as saídas: baseado nos dados da memória imagem das saídas, o CLP aciona os dispositivos externos conforme lógica do programa.

### **3.3 – Sensores**

No estudo da automação em sistemas industriais, comerciais, domésticos, etc., é necessário determinar as condições do sistema e obter os valores das variáveis físicas do ambiente a ser monitorado. Essa é a função dos sensores. O sensor é um elemento sensível a uma forma de energia do ambiente (energia cinética, sonora, térmica, entre outras), que relaciona informações sobre uma grandeza que precisa ser medida como temperatura, umidade, luz, pressão, vazão, posição e corrente (ROGGIA E FUENTES, 2020).

Através da sensibilidade o sensor envia um sinal que pode abrir ou fechar um contato para dispositivos de medição e controle (SILVEIRA, 2010).

Nas plantas automatizadas os sensores são elementos muito importantes. Na nossa vida cotidiana, os sensores estão presentes em várias situações, ainda que muitas vezes não nos damos conta. Vamos analisar, por exemplo, o funcionamento de um termômetro. Ele indica a temperatura do nosso corpo através do mercúrio, uma substância que se expande com o aumento da temperatura. Então, podemos dizer que o mercúrio é o sensor da temperatura do corpo.



Todos os dispositivos sensores são compostos por elementos denominados transdutores<sup>2</sup>, pois são capazes de transformar um tipo de energia em outro. A maior parte dos sensores é constituída por transdutores que convertem uma grandeza de entrada em uma grandeza elétrica, que pode ser processada por um circuito elétrico ou eletrônico (ADOROROBOTICA, 2020).

Um sensor nem sempre tem as características elétricas necessárias para ser utilizado em um sistema de controle. Normalmente o sinal de saída deve ser manipulado e isso geralmente é realizado com um circuito de interface para produção de um sinal que possa ser lido pelo controlador. Quando este circuito está acoplado a um sensor, o dispositivo recebe o nome de transdutor. De acordo com a natureza do sinal de saída, os sensores podem ser classificados em sensores digitais (discretos) e sensores analógicos (contínuos).

- Sensores digitais – são utilizados para monitorar a ocorrência ou não de um determinado evento. Apresentam em sua saída apenas dois estados distintos, como ligado (on) ou desligado (off), ou a presença ou ausência de determinada grandeza elétrica.
- Sensores analógicos – são utilizados para monitorar uma grandeza física em uma faixa contínua de valores estabelecidos entre os limites mínimo e máximo. Apresentam em sua saída um sinal de tensão, corrente ou resistência proporcional à grandeza física sensoriada.

### 3.3.1- Tipos de Sensores

Existe uma diversidade de sensores que são usados na automação industrial, muitos deles são essenciais e indispensáveis, caso o programador ou o responsável por um determinado processo quer fazer um trabalho com precisão rigor e excelência. Na elaboração do projeto será utilizado quatro sensores, o sensor de nível, sensor de temperatura, sensor de pH e sensor de sacarose.

---

<sup>2</sup> **Transdutor:** é todo dispositivo que recebe um sinal de entrada na forma de uma grandeza física, e fornece uma resposta na saída, da mesma espécie ou diferente, que reproduz certas características do sinal de entrada a partir de uma relação definida.

### 3.3.1.1- Sensores de Temperatura

O controle de temperatura é uma prática muito utilizada nos processos de automação industrial, pois muitos processos sofrem a influência ou dependem da mesma para serem executados (IGOR-KRAKHECHE, 2003).

Pode-se citar alguns exemplos: processos químicos, caldeiras, cozimento de produtos industriais, entre outros processos. Nesse caso o controle de temperatura será efetuado na zona de fermentação da calda para a produção de aguardente. Essa temperatura não pode ultrapassar a estabilizada pela IGAI, logo torna importante o controle deste, não só para produzir m melhor produto mais também para evitar sanções estabelecidas pela lei do álcool em Cabo Verde.

O sensor PT-100 é uma Termoresistência das mais utilizadas em processos industriais e o sensor que será utilizado neste trabalho.



Figura 23: Sensor de temperatura PT-100

Fonte: <https://sea.omega.com>

Segundo KRAKHECHE (2003), PT-100 é um termômetro de resistência elétrica feito de platina. É chamado de termoresistor, possuindo uma resistência de aproximadamente  $0^{\circ}\text{C}$  a  $1000^{\circ}\text{C}$ . A norma DIN IEC 751 padronizou a faixa das termoresistências de  $-200^{\circ}\text{C}$  a  $850^{\circ}\text{C}$ . A platina é um metal especialmente indicado para a construção de sensores de temperatura, pois, pode ser refinada até atingir grande pureza. Deste modo, o valor da resistividade consta em tabelas universais (que não dependem, portanto, do fabricante do sensor).

O PT-100 é considerado sensor de alta precisão e ótima repetibilidade de leitura. O princípio físico de funcionamento deste dispositivo é baseado numa relação linear da resistência em função da variação da temperatura, segundo a expressão:

$$R_t = R_0(1 + a\Delta t + b\Delta t^2)$$

**Equação 8:** Resistência em função da variação da temperatura do sensor PT-100

**R**- é a resistência em função da temperatura

**R<sub>0</sub>**- a resistência inicial

**Δt**- é a variação da temperatura

**a** - é o coeficiente de temperatura do metal, valor indicado pela norma DIN 43760, **a**=0,00385.

**b**- pode ser considerado nulo para a platina, logo a curva resistência versus temperatura é, teoricamente, linear

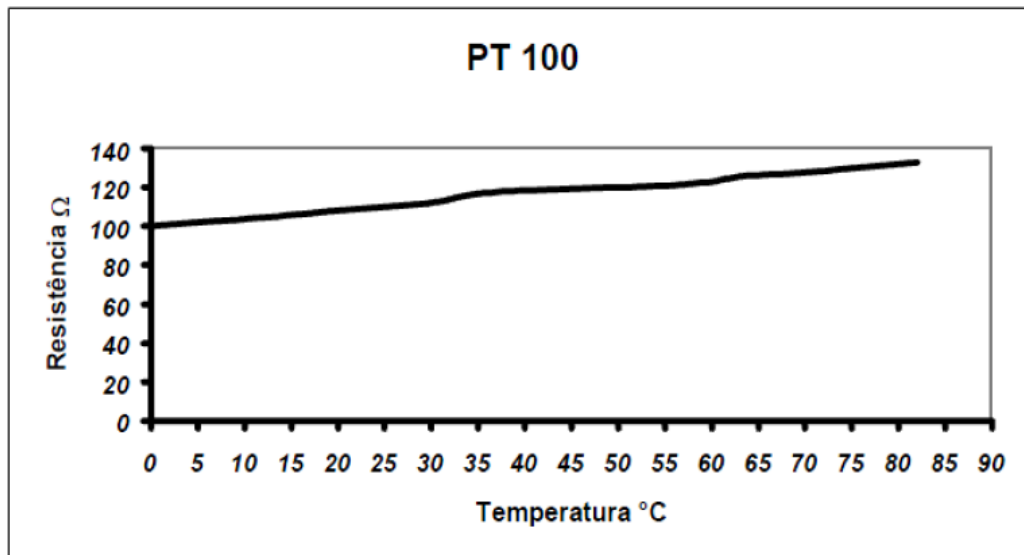


Figura 24: Curva de resistência x temperatura do sensor PT-100

Fonte: KRAKHECHE *et al.*, 2003

### 3.3.1.2- Sensores de pH

Medidor de pH é utilizado na indústria química para realiza correções e estabilizar produtos. O pH significa "potencial Hidrogeniônico", que em uma escala logarítmica que mede o grau de acidez, neutralidade ou alcalinidade de uma determinada solução. A escala compreende valores de 0 a 14, sendo que o 7 é considerado o valor neutro. O valor 0 (zero) representa a acidez máxima e o valor 14 a alcalinidade máxima. Valores abaixo de zero ou superiores a 14 também podem ser verificados em algumas substâncias. As substâncias são consideradas ácidas quando o valor de pH está entre 0 e 7 e alcalinas (ou básicas) entre 7 e 14 (PERUZZO E CANTO, 2006).

O pHmetro é um aparelho usado para medição de pH, que consiste em um eletrodo acoplado a um potenciômetro (aparelho medidor de diferença de potencial, figura 43). O medidor de pH é um milivoltímetro com uma escala que converte o valor de potencial do eletrodo em unidades de pH. A leitura do aparelho é feita em função da leitura dos milivolts, que o eletrodo gera quando é submerso na amostra. Assim, esses milivolts são convertidos para uma escala de pH (SALUD, 2005).



Figura 25: Sensores de ph

Fonte: <https://www.metaquimica.com>

### 3.3.1.3- Sensor de Sacarose

Antes de falar do sensor em si temos primeiramente de referenciar a unidade de medida do sacarose (açúcar) em uma solução, neste caso o grau Brix.

O brix (símbolo °Bx) é uma escala numérica de índice de refração (o quanto a luz desvia em relação ao desvio provocado por água destilada) de uma solução, comumente utilizada para determinar, de forma indireta, a quantidade de compostos solúveis numa solução de sacarose, utilizada geralmente para suco de fruta. A escala de Brix, criada por Adolf Ferdinand Wenceslaus é derivada originalmente da escala de Balling, recalculando a temperatura de referência de 15,5 °C.

A quantidade de compostos solúveis corresponde ao total de todos os compostos dissolvidos em água, começando com açúcar, sal, proteínas e ácidos. E os valores de leitura medido é a soma de todos eles. Uma solução de 25 °Bx tem 25 gramas do açúcar da sacarose por 100 gramas de líquido. Ou, para colocar de outra maneira, é 25 gramas do açúcar da sacarose e 75 gramas da água nos 100 gramas da solução. Um instrumento bastante usado na indústria atualmente é o transmissor de grau Brix DT-301

O DT-301 é um transmissor de sinais proporcionais ao brix de uma mistura em que o eletrodo é submetido, sendo que brix é a unidade de medida de sólidos solúveis em <sup>3</sup>soluções de sacarose. Foi desenvolvida para aplicações em processo de cozimento de massa para fabricação de açúcar, entre outras.

O equipamento utiliza um sensor de pressão diferencial tipo capacitivo que se comunica mediante capilares com os diafragmas submersos no fluido do processo, separados por uma distância fixa. A pressão diferencial sobre o sensor capacitivo será diretamente proporcional à densidade do líquido medido (ver figura e fórmulas). Este valor de pressão diferencial não é afetado pela variação do nível do líquido nem pela pressão interna do vaso.

O transmissor de densidade capacitivo possui ainda um sensor de temperatura localizado entre os sensores de pressão para efetuar a correção e normalização dos cálculos levando

---

<sup>3</sup> A **escala Brix** é utilizada na indústria de alimentos para medir a quantidade aproximada de açúcares em sucos de fruta, vinhos e na indústria de açúcar, bem como outras soluções.

em conta a temperatura do processo. Com a temperatura do processo corrige-se a distância entre os diafragmas e a variação volumétrica do fluido de enchimento dos capilares que transmitem a pressão dos sensores à célula capacitiva. Sendo o sensor de pressão diferencial utilizado do tipo capacitivo ele gera um sinal digital.

Como o processamento posterior do sinal se realiza também digitalmente, obtém-se um alto nível de estabilidade e exatidão na medição. Com a informação gerada pelo sensor de pressão diferencial capacitivo e a temperatura do processo, o software da unidade eletrônica efetua o cálculo da densidade ou da concentração, enviando um sinal de corrente ou digital proporcional à escala de densidade ou concentração selecionada pelo usuário (°Brix, °Plato, °Baumé, g/cm<sup>3</sup>, etc.). A mesma informação poderá ser acessada no indicador digital local ou de forma remota através de comunicação digital.



Figura 26: Transmissor de Grau Brix DT-301

Fonte: <https://www.smar.com/brasil/produto/dt301>

### 3.4 – Atuadores

São dispositivos que modificam uma variável controlada, recebem um sinal proveniente do controlador e agem sobre o sistema controlado. Geralmente trabalham com potencia elevadas. Esses dispositivos convertem energia elétrica, hidráulica ou pneumática em energia mecânica, através de um sistema de transmissão, a energia mecânica gerada pelos atuadores é enviada aos vários tipos de processo para que haja movimento.

São atuadores dispositivos como: válvulas, contadores, motores ou qualquer outro equipamento que execute um comando recebido de outro dispositivo (neste caso o CLP),

com base em uma entrada, com o objetivo de modificar a dinâmica física do sistema. Existe três importantes grupos de atuadores:

- Atuadores hidráulicos;
- Atuadores Pneumáticos;
- Atuadores Elétricos

### 3.5- Sistemas de controle

Um sistema de controle é aquele que tem a saída controlada para assumir um valor particular ou seguir uma determinada entrada (BOLTON, 1995). Há basicamente duas formas de sistemas de controle: sistemas em malha aberta e sistemas em malha fechada.

#### 3.5.1- Sistemas em malha aberta

Para um sistema em malha aberta, a saída do processo não exerce nenhuma influência sobre a entrada do sistema de controle, pois não existe realimentação do sinal de saída. Assim, a saída não é modificada de forma a seguir as alterações nas condições de operação. A entrada é escolhida com base na experiência, de tal forma que o sistema dê o valor de saída desejado. A Figura ilustra um sistema em malha aberta.

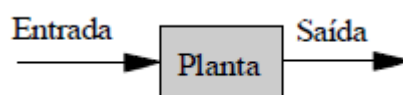


Figura 27: Sistemas em malha aberta

Fonte: Lucena.P - Automação Industrial

Um exemplo de sistema de malha aberta é um aquecedor elétrico de ar em que a entrada do sistema é um sinal determinado pela chave seletora. Se houver mudanças nas condições ambientais, a temperatura variará porque não é possível compensar a saída devido à inexistência de informação de realimentação (BOLTON, 1995).

### 3.5.2- Sistemas em malha fechada

Um sistema em malha fechada recebe uma informação de uma função da própria saída, ou seja, um sinal é realimentado da saída para a entrada e usado para modificar a entrada, corrigindo automaticamente o erro através do sinal de controle aplicado à planta (sistema físico), de tal maneira que a saída se mantenha com o valor desejado mesmo com modificações nas condições de operação (BOLTON, 1995). Uma ilustração de um sistema em malha fechada pode ser vista na Figura.

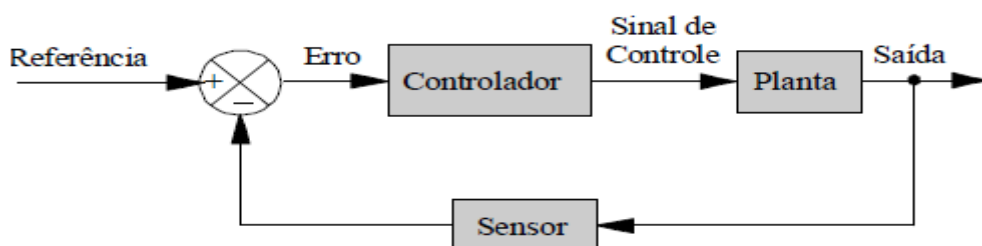


Figura 28: Sistemas em malha fechada

Fonte: Lucena.P - Automação Industrial

Um refrigerador de ar é um bom exemplo de um sistema em malha fechada, onde existe um reóstato que realimenta o sistema para manter a temperatura em uma faixa desejada.

### 3.6- Sistema de Supervisão e Aquisição de Dados (SCADA)

Para CASSIOLATO (2011), os sistemas de aquisição têm por finalidade obter dados digitais através de medições de grandezas físicas (analógicas), tais como temperatura, pressão, densidade, pH, umidade, posição etc, e vêm sendo incorporados por diversas vertentes, tanto industriais quanto científicas.

Uma vez os dados das grandezas físicas acondicionados, estes são trabalhados na forma desejada, podendo serem lidos por controladores ou mesmo computadores, com placas específicas instaladas, e armazenados em diferentes formas, como arquivos de texto, Excel, banco de dados etc. Abreviadamente SCADA (provém do seu nome em inglês



Supervisory Control and Data Acquisition), de forma genérica, um sistema de supervisão é uma ferramenta de software que permite monitorar e controlar partes ou todo um processo industrial. Têm dois módulos básicos: o desenvolvedor e o executável (“run-time”).

A maioria dos passos de programação é automatizada, suprimindo a maior parte das necessidades de um projeto sem a real necessidade de conhecimento de linguagem de programação. Em casos mais complexos e específicos, onde os passos não estão automatizados, algumas ferramentas incorporam módulos de programação em VBA (Visual Basic For Applications) ou VBS (Visual Basic Script) (CASSIOLATO, 2011). Um exemplo aplicado a dois CLP's, e sendo supervisionado e incrementado pode ser visto na figura 29.

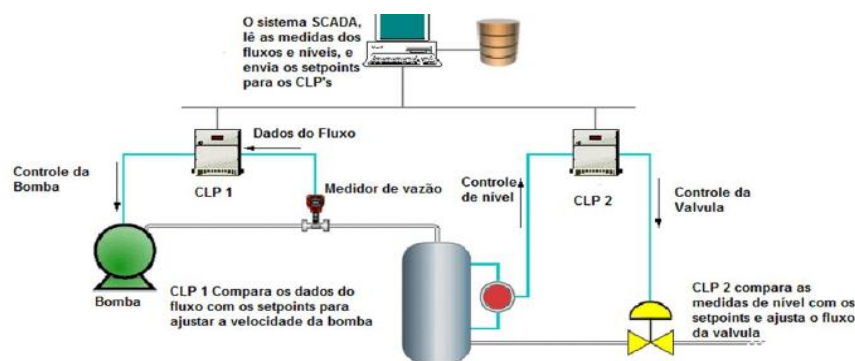


Figura 29: Ilustração de um sistema com dois CLP's, supervisionado por um sistema SCADA

Fonte: CASSIOLATO, 2011

### 3.7- Programas Utilizados Para Programação E Simulação De CLP

Ao longo do trabalho será utilizado dois softwares para programar e simular o CLP, o EcoStruxure Machine Expert (Somachine Basic) e o CADe SIMU, apesar de existir variadíssimos softwares para o mesmo.

EcoStruxure Machine Expert é um software de solução única para desenvolver, configurar e colocar toda a máquina em funcionamento num único ambiente de software, incluindo lógica, controlo de movimento, robótica/mecatrónica, simulação, diagnóstico, gestão e acionamentos inteligentes de motores e cargas, HMI (Vijeo Designer), IIoT e

funções de automação de rede relacionadas. Graças a muitos modelos predefinidos em EcoStruxure Machine Expert, poupa tempo de engenharia aplicando bibliotecas completas ou mesmo um novo módulo de máquina.

Para além desse software foi usado outro para simulação do arranque do motor, o Cade Simu, essa ferramenta é utilizada para criar diagramas de comandos elétricos e diagramas de potência. Além disso, após a criação do diagrama o Cade SIMU faz a simulação do circuito, para que a lógica do diagrama seja verificada e o seu funcionamento seja testado.

Neste software é possível adicionar uma grande variedade de símbolos eletrotécnicos no seu diagrama. E a organização desses símbolos é feita em bibliotecas separadas por categorias, o que facilita a criação dos diagramas, além de ser mais prático.

## **CAPÍTULO IV- PRODUÇÃO DE AGUARDENTE (GROGUE)**

### **4.1- Conceito Histórico do Aguardente**

O grogue, como é chamado em Cabo Verde, ou aguardente de cana-de-açúcar no Brasil, é uma bebida com graduação alcoólica de 38% a 54% volume a 20°C (vinte graus Celsius), pela destilação do mosto fermentado do caldo de cana-de-açúcar, podendo ser adicionado açúcar até 6g/l (seis gramas por litro), expressos em sacarose, (BRAZIL, 2007).

Historicamente atribuem-se aos egípcios os primeiros indícios da produção de bebidas alcoólicas, as quais eram produzidas e utilizadas para a cura de doenças. (PATARO *et.al.*, 2002).

Segundo o autor (ROGÉRIO HAROU SAKAI – EMBRAPA, 2005), a aguardente surgiu das sobras do caldo da cana-de-açúcar feita a destilação do melaço. Foi descoberta pelos escravos em meados do século XVI, que deixavam o melaço no moinho do engenho de um dia para o outro.

Até ao início da década de 80, cada alambique parecia produzir uma aguardente especial e diferente das outras. Hoje em dia, a produção de aguardente de cana-de-açúcar já apresenta um conceito empreendedor, introduzindo a pesquisa e a postura de novos investidores do agronegócio, que visam qualidade e lucro (SEBRAE, 2005). Um dos desafios deste trabalho é tornar o grogue num produto chave para o agronegócio e adquirir a marca “Made in Chã de Pedras” como alavanca para a exportação do produto, através de conceitos novos, mas com o propósito de não intervir muito na produção artesanal deste.

O grogue é constituído maioritariamente por etanol e água, e em pequena quantidade por compostos secundários tais como álcoois superiores, ácidos, ésteres, acetais, fenóis, hidrocarbonetos, compostos nitrogenados, sulfurados e açúcares (SOUSA, 2012).

A cana-de-açúcar é uma monocotiledónea, Alógama e Semiperene que pertence à divisão Magnoliophyta, classe Liliopsida, subclasse Commelinidae, ordem Cyperales, família Poaceae, tribo Andropogonae, subtribo Saccharinae e género Saccharum (MATSUIKA, 1996). Neste género existem seis espécies descritas: *S. Officinarum*, *S. Spontaneum*, *S. Robustum*, *S. Sinense*, *S. Barbari* e *S. Edule*.

Segundo (OLIVEIRA, 2006), o colmo que é o principal componente de interesse industrial, é constituído pelos nós, entrenós e pelas gemas. Tem na sua composição 65-75% de água, 12-18% de açúcares, 7,0-17,0% de Fibras (celulose, hemicelulose e lignina), 0,3-0,6% de Compostos nitrogenados, 0,15-0,25% de Lipídeos (gorduras e ceras), 0,1-0,15% de Ácidos orgânicos, 0,15-0,25% de Substâncias pécicas e gomas e 0,3-0,8% de Cinzas.

## **4.2- Processos De Produção Do Aguardente**

### **4.2.1- Diluição da cana-de-açúcar**

A diluição do caldo é o processo técnico que envolve a adição de água potável no caldo de cana madura para atingir o teor de sacarose entre 14 e 16 graus Brix (escala hidrométrica que indica a percentagem em peso de açúcar em solução).

Normalmente a calda madura contém 18% a 23% de açúcar, o que se deve fazer é a correção diluindo com a água potável. Segundo (CARDOSO, 2006) é necessário o ajuste da concentração de açúcares do caldo para valores entre 14° a 16° Brix, para melhorar o rendimento de fermentação e para a boa estabilidade do fermento ao longo de todo o processo.

Estudos de (OLIVEIRA *ET. AL.*, 2005), mostram que a calda diluída torna a fermentação mais fácil, enquanto mostos muito concentrados levam a fermentações incompletas e demoradas, levando a perda do açúcar e incrustações dos equipamentos.

O grau brix da calda de cana-de-açúcar de Cabo Verde ronda os 18% a 22%, o produtor CV2 em vez de diluir a calda adiciona o açúcar, o que dificulta a fermentação do vinho.

Para fazer a correção é utilizado a fórmula apresentada abaixo, de modo a calcular a quantidade de água a ser adicionada em certo volume de caldo.

Para fazer a correção é utilizado a fórmula apresentada na equação, de modo a calcular a quantidade de água a ser adicionada em certo volume de caldo :

$$A = \frac{\{C(G - g)\}}{g}$$

Equação 9: Calculo da quantidade de água a ser adicionada em certo volume de caldo

A = Quantidade de água

C = Quantidade de caldo integral

G = Grau Brix do caldo integral

g = Grau Brix desejado na mistura

#### 4.2.2- Fermentação

O elemento mais importante do caldo, responsável pela produção de aguardente durante a fermentação é o açúcar. Desta forma, para obter maior rendimento, deve plantar as variedades de cana que atinjam o teor máximo de sacarose na época do corte. ´

Defende BOZA e HORII (1998), durante a fermentação alcoólica ocorre o desdobramento dos açúcares do caldo de cana com formação de dois produtos principais: álcool etílico e dióxido de carbono.



Uma destilação de aguardente não depende apenas de “saber fazer”, mas sim de fatores extrínsecos como a maturação, a limpeza da cana, a seleção da cana, a época da colheita e o tempo antes da moagem. E de fatores intrínsecos como, o tempo de moagem, a filtração do caldo, a fermentação e o controlo dos parâmetros de qualidade. Nem todas estas exigências são respeitadas por produtores em estudos.

Nas peças da moenda (Trapiche), tubulações e caixas por onde transita o caldo, encontram-se diversas bactérias e fungos que podem causar a fermentação do caldo, formando gomas e destruindo a sacarose portanto, deve ser feita a limpeza sempre antes e depois da moagem.

#### **4.2.3- Controlo de qualidade do processo fermentativo**

A temperatura ótima para a fermentação ronda na faixa de 26-33 °C (JONES *et. al.*,1987). A sala de fermentação deve ser arejada, higiénica e com rede mosquiteira. As dornas podem ser de madeira ou aço inox.

O pH é um fator importante no processo de fermentação alcoólica, são recomendáveis valores de pH iniciais, não inferiores a 4,5. Nesta faixa o pH pode ser suficiente para permitir uma fermentação alcoólica rápida e inibir bactérias indesejáveis (EIROA, 1989).

Devem os produtores ter os equipamentos e métodos necessários, uma sala adequada e bem arejada, um fermentador apropriado para minimizar as contaminações e o rendimento final do produto.

O método visual para verificar que a calda se transformou no mosto pronto para ser destilado é quando não há presença de bolhas no mosto (sem libertação de dióxido de carbono), e assim se conclui que terminou a fermentação.

Segundo (ALVES, 2004) a fermentação é a fase mais importante num processo de destilação, devem os controlar alguns parâmetros entre os quais:

- Concentração de açúcares: avaliada através da medida do Brix do mosto, durante toda a fermentação, em intervalos regulares, do início ao final do processo;
- Temperatura ambiente: entre 26°C e 33°C;
- pH: 4,5 a 5,5
- Acidez do mosto do Mosto: não deve ser maior que 0,6 g/100 mL (em ácido acético)
- Tempo de fermentação: 5 a 24 horas;
- Cheiro: deve ser agradável, penetrante, frutado, variando com a matéria-prima e natureza do mosto. No caso de cheiro desagradável, isso indica possíveis contaminações;
- Aspectos da Fermentação: a espuma deve ser normalmente leve, rompendo-se com facilidade. Quando ocorrem contaminações, apresentam-se pesadas, dificultando o desprendimento do CO<sub>2</sub> formado durante a produção do etanol;
- Açúcares residuais: no final da fermentação, esperam-se valores inferiores a 0,5%.

Após a fermentação deixa de ser chamado caldo para ser chamado vinho que é a matéria prima pronta para se transformar em aguardente. Contém uma baixa concentração de etanol 5 a 8% de álcool etanol que, durante a destilação, se eleva para 52 a 54% (52 a 54°GL), correspondente a 19,85 a 20,47°Cartier.

#### **4.2.4- Destilação**

Nesta etapa, ocorre a separação de substâncias, assim como algumas reações químicas dentro dos destiladores (BOZA E HORII, 1998). O álcool (etanol) ferve a 78,3°C, durante a destilação, no alambique, em sistema descontínuo.

O processo dá-se com a fervura do vinho dentro de alambique produzindo vapores que são condensados por arrefecimento e apresentam assim grande quantidade de álcool

etílico. Após a retirada do álcool, este é padronizado para o teor alcoólico entre 38 e 54%, que se denomina aguardente.



## CAPÍTULO V – ESTUDO DE CASO

### 5.1- Localização

O respetivo estudo, foi realizado em Chã de Pedras, Ribeira Grande, Santo Antão, nos paralelos de  $17^{\circ}08'00.2''\text{N}$   $25^{\circ}06'44.5''\text{W}$ , o sistema fotovoltaico encontra-se orientado á sul com uma inclinação de  $15^{\circ}$ , já o sistema de automação foi realizado no mesmo espaço onde o sistema PV foi implementado.



Figura 30: Localização da Fábrica

Fonte: Google Maps



Figura 31: Fábrica de aguardente

Fonte: Autoria Própria

## **5.2- Requalificação Do Sistema Elétrico Da Fábrica**

Para prevenir possíveis falhas no sistema elétrico da fábrica, será feito uma requalificação completa do sistema, desde do quadro de distribuição, passando pelos cabos, tomadas e luminárias, uma vez que estes já se encontram em estado de degradação o que acarreta muitos problemas derivadas do mesmo, desde de possíveis curto circuitos, fogos, queima de alguns aparelhos e perdas nos cabos.

Este trabalho será feito no Autocad onde podemos localizar com exatidão todos os componentes do sistema, sendo que este será não só de extrema importância para o bom funcionamento da fábrica, mas também do próprio sistema PV em questão, já que este necessita de um sistema elétrico de qualidade para que possa fornecer aos consumidores (aparelhos) uma energia de qualidade e sem problemas relacionados do mesmo. No Anexo I do trabalho podemos observar os estado do sistema elétrico da fábrica, onde constatamos os problemas acima mencionados.

O espaço em estudo é uma fábrica de aguardente com uma alimentação trifásica em baixa tensão (BT), cuja característica são as seguintes:

- Número de fases: 3
- Neutro Isolado da terra
- Tensão entre fases e neutro: 230 V
- Tensão entre fases: 400 V
- Frequência: 50 Hz

### **5.2.1- Conceção das Instalações**

As instalações de utilização que constituem este projeto compreendem:

- Iluminação normal.
- Tomadas de Usos Gerais.
- Alimentação de motor.
- Quadros elétricos.
- Rede de alimentadores.

➤ Terras de proteção.

Os circuitos de iluminação e tomadas são do tipo H07-V enfiados em tubo VD/ERFE, em instalação embebida ou do tipo H07-V em tetos falsos ou à vista sobre braçadeiras, sendo a secção de 1,5mm<sup>2</sup> para a iluminação e 2,5mm<sup>2</sup> para as tomadas.

Todos os circuitos projetados se encontram divididos de forma a assegurar uma continuidade de serviço e estão protegidos nos respetivos quadros por disjuntores de calibre adequado às respetivas secções das canalizações e ainda com proteção sensível à corrente diferencial residual. Os calibres destes aparelhos asseguram que os valores das correntes máximas admissíveis em regime permanente não serão ultrapassados e os tempos de corte permitem a extinção da corrente antes das canalizações atingirem a sua temperatura limite admissível.

#### **5.2.1.1- Dimensionamento da iluminação**

O tipo de iluminação e as respetivas armaduras foram escolhidos de modo a obter-se um nível de iluminação adequado aos locais em estudo.

Todos os circuitos têm proteção sensível às correntes diferenciais por intermédio de interruptores diferenciais, com sensibilidades regulamentares e seletivas de acordo com peças desenhadas.

#### **5.2.2- Disjuntores para iluminação**

Para a escolha do disjuntor, é necessário ter em conhecimento os seguintes parâmetros:

I<sub>b</sub> - corrente de serviço

I<sub>n</sub> - corrente nominal do disjuntor

I<sub>z</sub> - corrente admissível do cabo

I<sub>2</sub> – corrente de curto circuito do disjuntor

U<sub>b</sub>- tensão trifásica (380V)

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$I_2 \leq 1,45 I_z$$

$$I_b = \frac{P(kVA)}{U_b}$$

$$I_b = 0,378 \times \frac{10^3}{220}$$

$$I_b = 1,72A$$

Desde modo temos:

$$1,72A \leq I_n \leq 17,5A$$

$$I_2 \leq 25,375A$$

### 5.2.3- Dimensionamento tomadas

As tomadas serão instaladas nos locais indicados nas peças desenhadas, a uma altura útil de 0,30m a partir da cota do pavimento de acordo com os fins a que se destinam, com exceção da casa de banho a um 1,5m a partir da cota do pavimento.

Disjuntores para tomadas simples

$$I_b = \frac{P(kVA)}{U_b}$$

$$I_b = 0,72 \times \frac{10^3}{220}$$

$$I_b = 3,27A$$

$$3,27A \leq I_n \leq 24A$$

$$I_2 \leq 1,45 \times I_z$$

$$I_2 \leq 34,8A$$

As tomadas de usos gerais serão do tipo “Schuko”, 2P+T, 230V-50Hz, com obturadores, com uma corrente estipulada não superior a 16 A.

#### **5.2.4- Dimensionamento do disjuntor para motor**

O motor da fábrica possui uma potencia ativa ( $P_n$ ) de 7,5 Cv que equivale a 5512W, rendimento ( $\eta$ ) de 86,2% e um  $\cos\phi = 0,85$ , possui um consumo de potencia aparente ( $S_n$ ) de acordo com os cálculos a seguir:

$$S_n = \frac{P_n}{\cos\phi \times \eta}$$
$$S_n = \frac{5512}{0,862 \times 0,85} = 7531 \text{ VA}$$

A partir da corrente aparente podemos determinar a corrente absorvida (que neste caso é o  $I_b$ ) pelo motor e a corrente nominal do disjuntor ( $I_n$ ):

$$I_b = \frac{S_n}{\sqrt{3} \times U_b}$$
$$I_b = \frac{7531 \text{ VA}}{\sqrt{3} \times 380V} = 11,44A$$
$$11,4A \leq I_n \leq 37A \text{ e } I_2 \leq 53,65A$$

#### **5.2.5- Características dos disjuntores**

Os disjuntores serão do tipo relés térmicos-magneto, monofásicos ou trifásicos, do tipo LEGRAND ou equivalente, com calibres indicados em peças desenhadas (10A para iluminação, 16A para tomadas (monofásicas e trifásicas) e 25A para o disjuntor motor, de acordo com os cálculos apresentados acima), o poder de corte não deverá ser inferior a 6 kA e terão o número de polos conforme a peça desenhada.

Para cabos de  $1,5\text{mm}^2$  utilizados para circuitos de iluminação, corrente admissível ( $I_z$ ) para estes é de 17,5A, cabos de  $2,5\text{mm}^2$  para circuitos de tomadas possui uma corrente

admissível de 24A com consumo de energia reativa de 360VA cada tomada (sendo 10 tomadas simples, o que implica o consumo de 0,72 kVA, aplicando m fator de simultaneidade de 0,2) e cabos de 4mm<sup>2</sup> para circuito de motor possui uma corrente admissível de 37A de acordo com a RTIEBT, sendo que em todo o sistema possui 21 lâmpadas fluorescente de 18W o que implica um consumo de potencia ativa de 0,378 KVA. Esses dados são de extrema importância determinar os disjuntores adequados para cada circuito.

#### **5.2.6- Quadros elétricos**

Os dois quadros (quadro geral e quadro do motor) elétricos serão em PVC Reforçado, classe II, para montagem “semi-encastada” em todos os locais. No interior dos quadros será colocado o respetivo esquema elétrico, devidamente acondicionado e em lugar acessível apenas ao pessoal da manutenção. Os quadros referenciados em peças desenhadas, serão com porta e painel e com a aparelhagem representada em peças desenhadas no seu interior.

Obedecerão às normas DIN e VDA para pré-fabricação de quadros, de forma a constituir uma construção modular de fácil montagem. O acesso à aparelhagem de proteção será facilitado pela conceção do quadro, de forma a permitir a manutenção e manobra. Os barramentos serão constituídos por barras de cobre com constituição de acordo com o nº de fases, neutro e terra, pintados nas cores regulamentares, dimensionadas na base de aplicação de uma densidade de corrente de 2 A/ mm<sup>2</sup>.

Os ligadores de terra serão identificados, com forma adequada e etiqueta própria, onde será ligado a ele, todos os condutores de proteção. A dimensão do quadro será estabelecida de acordo com o tipo e quantidade de dispositivos definido em peças desenhadas, de forma a conseguir-se o espaço necessário aos trabalhos de montagens e manutenção. A secção nominal dos condutores revestidos a utilizar na eletrificação para montagem no interior dos quadros será no mínimo de 6mm<sup>2</sup>. Os aparelhos de corte e proteção serão sinalizados de forma clara as posições de “ligado” e “desligado”.

### **5.2.6- Interruptores**

Os interruptores terão o calibre e o número de polos indicados em peças desenhadas, sendo o corte brusco e independente do tempo de manobra do operador, da LEGRAND, ou equivalente.

Serão utilizados interruptores diferenciais DE 25A do tipo LEGRAND ou equivalente, com calibre e corte não inferior a 6 kVA.

### **5.2.7- Régua De Terminais**

Nas conexões entre o cabo e os quadros dos circuitos de saída, serão utilizados ligadores com tamanho apropriado de acordo com as secções nominais dos condutores, respeitando as disposições da norma NP-1137.

### **5.2.8- Terminal de terra**

Será ser instalado um terminal principal de terra que estabelecerá a continuidade entre o eletrodo, a placa de inspeção de terra e o barramento de proteção do Quadro de Entrada (Q.E), através de um condutor do tipo H1XV-R1g 35mm<sup>2</sup>, enfiado em tubo PVC/VD32.

O terminal principal de terra, que permite o corte para efeito de medição da resistência de terra, será alojado em caixa de material não metálico. A ligação dos eletrodos aos condutores de terra será executada por intermédio de acessórios adequados, devendo ser isolada por forte camada protetora constituída por material impermeável e durável.

### **5.2.9- Sistemas de Proteção Contra Choques Elétricos**

A proteção contra choques elétricos terá de ser feitas de duas formas:

- Proteção contra contactos directos;
- Proteção contra contactos indirectos;

### **5.2.10- Proteção contra contactos diretos**

<sup>4</sup>É feita por isolamento das partes elétricas ativas por meio de invólucros que tenham pelo menos um código IP2X.

### **Proteção contra contactos indiretos:**

Será feita através de dispositivos de corte automático, interruptores diferenciais, instalados nos dois quadros elétricos, para separar automaticamente da alimentação o circuito ou o equipamento quando surgir um defeito entre uma parte ativa e uma massa. A proteção dos circuitos de iluminação e tomadas das instalações sanitárias será distinta dos restantes circuitos, asseguradas por interruptores diferenciais de 25 mA.

## **5.3- Dimensionamento Do Sistema PV<sup>5</sup>**

### **5.3.1- Recurso solar do local**

Antes de qualquer projeto PV é de extrema importância conhecer o recurso solar do local que se deseja implementar o sistema, sendo assim a figura abaixo representa o mesmo, de uma forma bem simples e de fácil entendimento. Com este verificaremos os meses onde a radiação é maior, principalmente os meses de Março à Agosto, meses estes que coincidem com a época de funcionamento da fábrica, tornando assim o projeto mais viável e interessante.

---

<sup>4</sup> IP22 ou IP2X são típicos requisitos mínimos para o design de acessórios elétricos para uso interno.

<sup>5</sup> O **PVsyst** é um software para auxílio no dimensionamento e projeto sistemas fotovoltaicos com recursos de simulação, cálculo, emissão de relatório e documentação técnica de sistemas fotovoltaicos de qualquer porte.



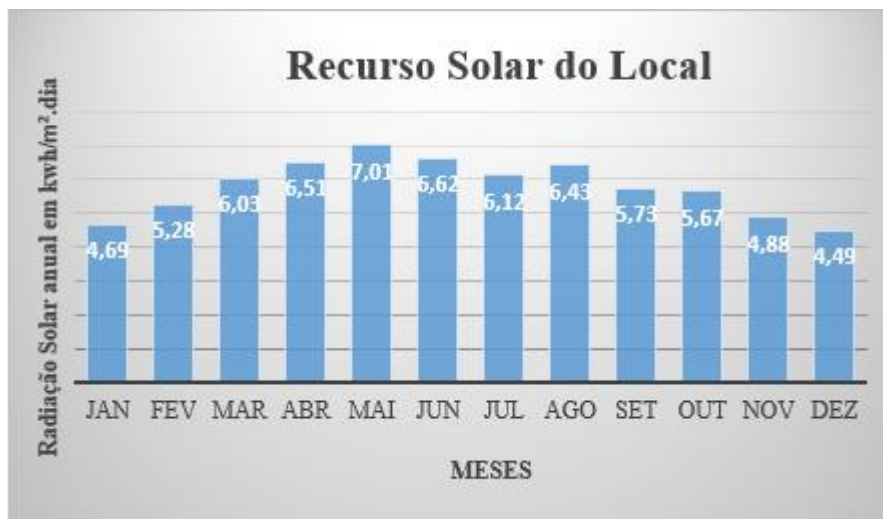


Gráfico 6: Recurso solar do local

Fonte: Autoria Própria

De acordo com o gráfico feito através de dados fornecido pelo PVSyst, podemos concluir que a radiação solar mínima é de 4,49kwh/m².dia, referente ao mês de Dezembro, a radiação máxima pertence ao mês de Maio que equivale a 7,01kwh/m².dia e radiação média anual é 5,79kwh/m².dia, dados estes que foram recolhidos a partir do PVsist.

### 5.3.2- Diagrama de carga da instalação<sup>6</sup>

No diagrama abaixo podemos observar o pico de carga encontra-se entre 12h-14h, com um total de 5513W, sendo este derivado principalmente pelo motor de 7,5 Cv (5513W), motor este, utilizado na moagem de cana-de-açúcar. Neste espaço não tem muito aparelho consumidores de energia, sendo estes apenas o motor já acima referido e lâmpadas na zona de fermentação, na zona de saída de aguardente e no depósito onde se armazena o aguardente.

<sup>6</sup> HOMER é um modelo de simulação que tenta simular um sistema viável para todas as combinações possíveis do equipamento que se deseja considerar. Dependendo da configuração do seu problema, ele pode simular centenas ou mesmo milhares de sistemas.

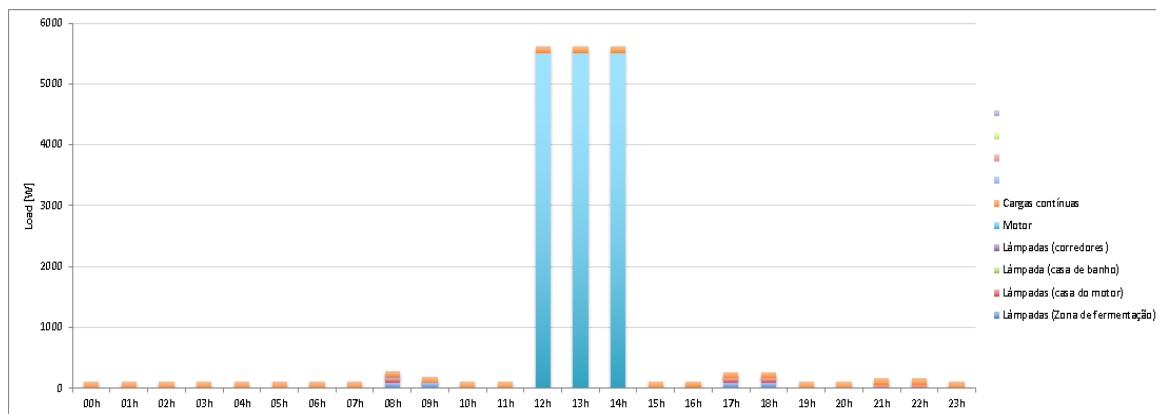


Gráfico 7: Diagrama de carga

Fonte: Autoria Própria

HOURLY LOAD [W]	00h	01h	02h	03h	04h	05h	06h	07h	08h	09h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h	17h	18h	19h	20h	21h	22h	23h
Lâmpadas (Zona de fermentação)	0	0	0	0	0	0	0	0	80	80	0	0	0	0	0	0	0	80	80	0	0	0	0	0
Lâmpadas (casa do motor)	0	0	0	0	0	0	0	0	80	0	0	0	0	0	0	0	0	80	80	0	0	60	60	0
Lâmpada (casa de banho)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	10	10	0	0	0	0	0	0
Lâmpadas (corredores)	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Motor	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5512	5512	5512	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cargas contínuas	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
TOTAL [W]	100	100	100	100	100	100	100	100	280	190	100	100	5612	5612	5612	100	110	270	260	100	100	160	160	100
Number of users	1																							
TOTAL USERS [kW]	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.28	0.19	0.1	0.1	5.61	5.61	5.61	0.1	0.11	0.27	0.26	0.1	0.1	0.16	0.16	0.1
Demand factor	1																							
TOTAL DEMAND [kW]	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.28	0.19	0.1	0.1	5.61	5.61	5.61	0.1	0.11	0.27	0.26	0.1	0.1	0.16	0.16	0.1

Energy [Wh]

320

360

30

20

16536

2400

0

0

0

0

19666 [Wh]

19.67 [kWh]

19.67 [kWh]

Tabela 3: Potência dos equipamentos e hora funcionamento

Fonte: Autoria Própria

O total de energia consumida diariamente é de 19,67 kWh, com uma média diária de 0,8196 kWh, com um fator de demanda igual à 1.

### 5.3.3- Cálculos do dimensionamento do sistema

Com o total de energia calculado anteriormente podemos dimensionar o sistema apresentando os seguintes cálculos:

$$Energia\ Anual = Energia\ diária \times 184\ dias$$

$$Energia\ anual = 19,67\ kWh \times 184\ dias$$

$$Energia\ Anual = 3436\ kWh.dia$$

É de salientar que a fábrica funciona apenas por 6 meses, entre os meses de Março à Abril o que equivale à 184 dias, logo a energia anual total consumida em vez de ser, a energia diária multiplicado por 365 dias, será apenas multiplicado por 184 dias, correspondente aos dias de funcionamento do mesmo.

$$\text{Potência PV} = \text{Energia diária} \div 6 \text{ horas de sol pleno}$$

$$\text{Potência PV} = 19,67 \text{ kWh} \div 6$$

$$\text{Potência PV} = 3,278 \text{ kW}$$

A Potência PV necessária para a instalação é de 3112 kW, sendo que a quantidade de módulos necessários será calculado a partir da potência PV calculado anteriormente. Um ponto essencial para realizar este cálculo é sem sombra de dúvida a potência do módulo escolhido, que neste caso é o módulo da fabricante Astronergy Co. Ltd de 340 W.

#### 5.3.3.1- Módulo PV

Para este item foi escolhido o módulo da fabricante Astronergy Co. Ltd. (Chint Solar), cuja o modelo é CHSM6612P-340 AstroHalo (UL), este módulo apresenta uma garantia de 10 anos para materiais e processamento e 25 anos de garantia de potencia extra linear e cuja as suas características será apresentado nos quadros abaixo:

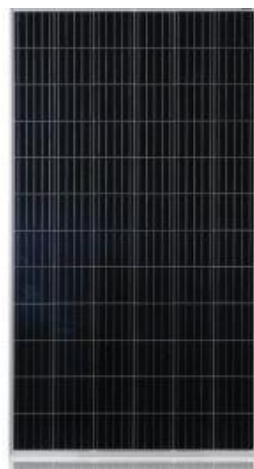


Figura 32: Módulo PV escolhido

Fonte: <https://www.enfsolar.com/>

ESPECIFICAÇÕES MECÂNICAS	
Dimensões exteriores	1960 x 992 x 40 mm
Tecnologia da moldura	Alumínio, prata anodizado
Composição do módulo	Vidro / EVA / Backsheet (branco)
Espessura do vidro frontal	3.2 mm
Comprimento do cabo (IEC/UL)	1150 mm
Diâmetro do cabo (IEC/UL)	4 mm <sup>2</sup>
Carga máxima de ensaio mecânico	6000 Pa (front) / 3600 Pa (back)
Desempenho ao fogo (IEC/UL)	Class C (IEC) or Type 1 (UL)
Peso (apenas um módulo)	21.9 kg

Tabela 4: Especificações Mecânicas do módulo

Fonte: Elaboração própria a partir da Astronergy, 2020

ESPECIFICAÇÕES ELÉTRICAS	
Saída nominal STC (P <sub>mpp</sub> )	340 Wp
Tensão nominal (V <sub>mpp</sub> ) no STC	37.33 V
Corrente nominal (I <sub>mpp</sub> ) no STC	9.11 A
Tensão de circuito aberto (V <sub>oc</sub> ) no STC	46.16 V
Corrente de curto-circuito (I <sub>sc</sub> ) no STC	9.62 A
Eficiência do módulo	17.5%
Produção nominal (P <sub>mpp</sub> ) no NOCT	237.4 Wp
Tensão nominal (V <sub>mpp</sub> ) a NOCT	34.10 V
Corrente nominal (I <sub>mpp</sub> ) no NOCT	6.96 A
Tensão de circuito aberto (V <sub>oc</sub> ) em NOCT	42.36 V
Corrente de curto-circuito (I <sub>sc</sub> ) em NOCT	7.44 A
Coefficiente de temperatura (P <sub>mpp</sub> )	- 0.408%/°C
Coefficiente de temperatura (I <sub>sc</sub> )	+0.050%/°C
Coefficiente de temperatura (V <sub>oc</sub> )	- 0.311%/°C
Temperatura normal de funcionamento da célula	46±2°C
Maximum system voltage (IEC/UL)	1000VDC or 1500VDC
Número de díodos	3
Classificação IP da caixa de junção	IP 67
Classificação máxima dos fusíveis da série	20 A

Tabela 5: Especificações Elétricas do módulo

Fonte: Elaboração própria a partir de Astronergy, 2020

Sendo assim o número de módulo é dado por:

$$N^{\circ} \text{ de Módulos} = \text{Potência PV} \div \text{Potência do Módulo}$$

$$N^{\circ} \text{ de Módulos} = 3,278kW \div 340 W$$

$$N^{\circ} \text{ de Módulos} = 9,64$$

O número de módulos necessários para cobrir a demanda é 10, logo a potência de pico fotovoltaico ( $P_p$ ) a ser instalado é dado pela equação a seguir:

$$P_p = N^{\circ} \text{ de Módulos} \times \text{Potência do Módulo}$$

$$P_p = 10 \times 340W$$

$$P_p = 3400 W$$

### 5.3.3.2- Inversor

Para dimensionar o inversor temos que levar em conta o seguinte critério:

$$0,8 P_{pv} \leq \text{Potência inversor} \leq 1,2 P_{pv}$$

$$0,8 \times 3278 \leq \text{Potência do inversor} \leq 1,2 \times 3278$$

$$2622,4W \leq \text{Potência do inversor} \leq 3933,6W$$

De acordo com as cálculos efetuados e análise do mercado foi escolhido o inversor SUNNY TRIPOWER 3.0, que apresenta um rendimento de 98,2%, excelente para os sistema PV, potencia nominal de 3000W e uma potencia aparente de 3000VA, as outras características serão apresentados no quadro abaixo.



Figura 33: Inversor escolhido para o projeto

Fonte: <https://www.mg-solar-shop.com>

Caraterísticas Gerais do Inversor	
Potência do gerador máxima	6000 W <sub>p</sub>
Tensão máxima de entrada	850 V
Intervalo de tensão MPP	140 V a 800 V
Tensão atribuída de entrada	580 V
Tensão mínima de entrada	125 V
Tensão de entrada inicial	175 V
Potência nominal (a 230 V, 50 Hz)	3000 W
Potência máxima aparente AC	3000 VA
Tensão AC nominal	3/N/PE; 220 V / 380 V 3/N/PE; 230 V / 400 V 3/N/PE; 240 V / 415 V
Corrente máxima de entrada, entrada A	12 A
Corrente máxima de entrada, entrada B	12 A
Corrente máxima de curto-circuito, entrada A*	18 A
Corrente máxima de curto-circuito, entrada B*	18 A
Corrente inversa máxima no gerador fotovoltaico	0 A
Número de entradas MPP independentes	2
Strings por entrada MPP	1
Categoria de sobretensão conforme a IEC 60664-1	II
Dimensões	435 mm / 470 mm / 176 mm
Peso	17 kg
Gama de temperaturas de funcionamento	Min» -25°C    Max» 60°C

Tabela 6: Caraterísticas Gerais do inversor

Fonte: Elaboração própria a partir da MG-SOLAR

### 5.3.3.3- Estrutura de suporte dos módulos

A escolha da melhor estrutura de suporte é de extrema importância para o melhor aproveitamento do sistema, sendo assim foi escolhido uma estrutura, Triangle/MultiAngle 10 - 45° da K2SYSTEM, que oferece garantia de qualidade e durabilidade (feito de aço inoxidável e alumínio).

Apresenta as seguintes caraterísticas:

- Ângulos de inclinação ajustáveis individualmente
- Orientação universal dos módulos
- Elevada flexibilidade e soluções individuais

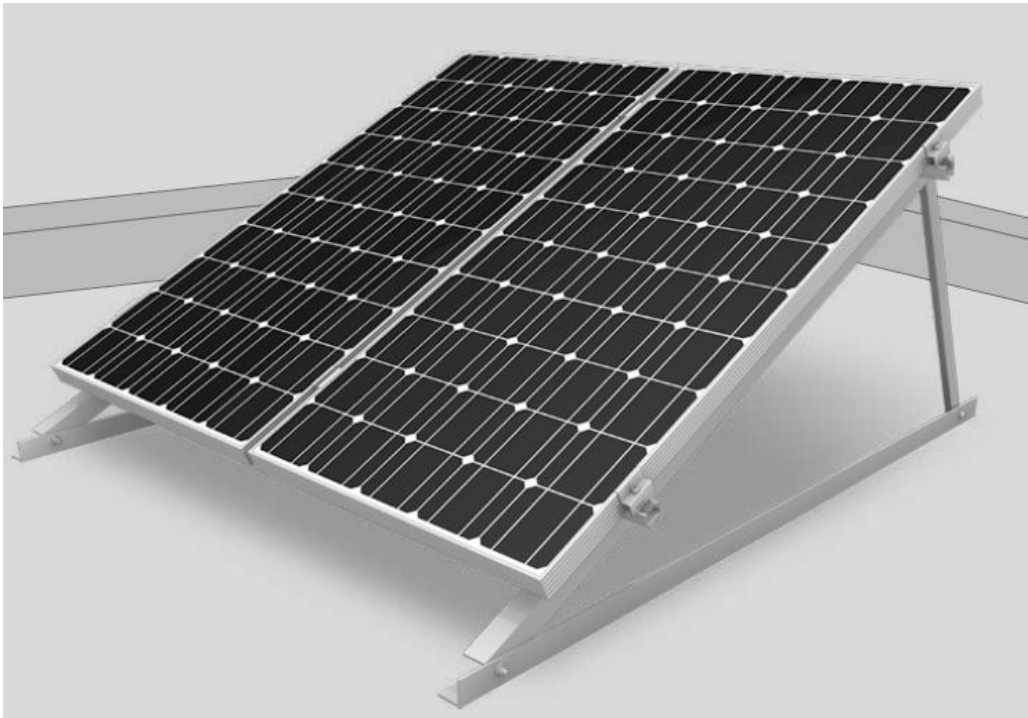


Figura 34: Estrutura de suporte Triangle/MultiAngle 10 - 45° da K2SYSTEM

Fonte: <https://k2-systems.com>

#### 5.3.3.4- Fusível

Onde as correntes de defeito poderão causar danos aos equipamentos da instalação, serão utilizados fusíveis inseridos nos circuitos positivos e negativo dos cabos DC. Os fusíveis devem ser calibrados para operar com as correntes DC e para as energias do defeito.

Os fusíveis deverão atuar para valores de corrente inferiores a  $2 \times I_{cc}$  (Módulos) mas superiores aos valores de operação  $1,25 \times I_{cc}$  (Módulos).

O dimensionamento do fusível é dado pela equação seguinte:

$$I = 1.25 \times I_{cc} \text{ (Módulo)}$$

$$I = 1.25 \times 9,62A$$

$$I = 12,025A$$

Logo será utilizado fusíveis de 16 A, do tipo NH-GPV, fusíveis este específicos para instalações PV.



Figura 35: Fusível NH-GPV 16 A

Fonte: [www.etigroup.eu](http://www.etigroup.eu)

#### 5.3.3.5- Cabos DC

De acordo com as equações 8 e 9, podemos determinar a corrente do cabo DC ( $I_{cabo}$ ) bem como a secção dos fios DC.

$$I_{cabo} \geq 1,25 I_{cc}$$

$$I_{cabo} \geq 1,25 \times 9,62$$

$$I_{cabo} \geq 12,025 A$$

A Secção do fio é dada pela equação 6:

$$A \geq LI \div \sigma 0,01V$$

Onde a tensão nominal ( $V_{mpp}$ ) é igual a 37,33 volts, de acordo com o módulo escolhido, logo:

$$V = 37,33 v \times 10$$

$$V = 373,3 v$$



Sendo o comprimento dos cabos DC de 10m, a corrente dos cabos 12,025A e a condutividade do cobre 46 Sm/mm<sup>2</sup> a secção dos cabos é:

$$A \geq (10m \times 12,025A) \div (46 \text{ Sm/mm}^2 \times 0,01 \times 373,3 \text{ v})$$

$$A \geq 0.7 \text{ mm}^2$$

Sendo que não existe cabos com estas dimensões foi escolhido cabos DC com 4 mm<sup>2</sup> sendo, Cabo Solar ZZ-F (AS) 1x4 PR (preto) para o polo positivo e Cabo Solar ZZ-F (AS) 1x4 VM (Vermelho) para polo negativo dos módulos.

### 5.3.3.6- Cabos AC

Para determinar a secção do fio AC temos que levar em consideração o comprimento do cabo  $L = 3m$ ,  $\cos \theta = 1$ ,  $V_n = 380v$  para instalações trifásicas, a condutividade do cobre é 46 Sm/mm<sup>2</sup>, a corrente de saída do inversor é de 4,6A, assim sendo a secção é de :

$$A \geq \sqrt{3}LI \cos\theta \div 0.03 V_n \sigma$$

$$A \geq (\sqrt{3} \times 3m \times 4,5A \times \cos 1) \div (0,03 \times 380v \times 46 \text{ Sm/mm}^2)$$

$$A = 0,045 \text{ mm}^2$$

A secção do fio foi de 0,045 mm<sup>2</sup>, sendo que nos sistemas PV é normalmente usado para cabos AC 2,5 mm<sup>2</sup>, sendo assim essa será a secção dos mesmos.

### 5.3.3.7- Disjuntor

$$I_B \leq I_n \leq I_z$$

$$I_2 \leq 1,45 I_z$$

$$4,5A \leq I_n \leq 36A$$

$$I_2 \leq 1,45 \times 36A$$

$$I_2 \leq 52,2A$$

De acordo com os cálculos realizados a corrente nominal do disjuntor encontra-se entre 4,5A (Corrente de serviço) e 36A (Corrente admissível do cabo, que podemos encontrar na pag. 273 da RTIEBT), sendo assim foi escolhido um disjuntor 4P 10A 10KA CURVA C, da marca SCHNEIDER ELECTRIC, que para além de satisfazer a condição acima apresenta as seguintes características:

#### **5.3.3.8- Interruptor Diferencial**

É o dispositivo que acusa a fuga de corrente e desarma o circuito, seja por uma instalação mal feita, desgastes do cabo ou até mesmo uma pessoa levando um choque. O uso do interruptor diferencial não dispensa o uso do disjuntor, já que ele não faz a função dos disjuntores.

Para este item foi escolhido um disjuntor de 25A de 4 polos (P) (4P 25A 6KA 300MA CLASSE AC)

#### **5.3.3.9- Descarregador de sobretensão AC e DC**

Os descarregadores de sobretensão têm por função proteger os sistemas fotovoltaicos e os dispositivos eletrónicos, do acoplamento indutivo e capacitivo, assim como da ocorrência de sobretensões na rede elétrica pública.

As instalações elétricas localizadas em zonas onde ocorram trovoadas estão sujeitos a fenómenos de sobretensões transitórias e transmitidas pela rede o fenómeno de descarga atmosférica, devendo desta forma ser dotada de proteções contra sobretensões.

Os descarregadores foi escolhido de acordo com a norma da RTIEBT, para a parte DC do sistema um descarregador de sobretensão do tipo VPU II 3 PV 1000V DC, da marca alemã WEIDMÜLLER.

Os descarregadores de sobretensão integrados nos inversores são na sua maioria dispositivos de proteção limitada que não proporcionam proteção contra sobretensões superiores a 5 kV.

O sistema fotovoltaico possui sistemas de proteção externos contradescargas atmosféricas e estarão particularmente expostos aos raios, sendo assim será instalado um descarregador de sobretensão no lado AC situado a três metros do inversor. O inversor será monitorizado continuamente através do SUNNY HOME MANAGER, logo a proteção contra sobretensões será instalada antes da unidade de processamento.

Para a parte AC, o descarregador da CIRPROTEC, CS4P-15/400 sendo que possui os seguintes requisitos:

Caraterísticas do descarregador AC	
Corrente Máx (KA)	40 kA
Tensão Máx. (KV)	1.5 kV
Nº de módulos (18MM)	4
Tensão (V)	400 V
Nº de polos	4
Cartuchos	Não
Tipo de conexão	Parafusos

Tabela 7: Caraterísticas do descarregador AC

Fonte: Autoria própria

#### 5.3.3.10- Quadro AC

A estrutura interior e dimensões será tal que satisfaça a RTIEBT em vigor e que permita alojar a aparelhagem indicada no respetivo esquema e protege-la contra contactos diretos ou outras ações, por todas as faces. Os quadro elétrico será constituído por 20 módulos

e com a aparelhagem de manobra e proteção contra sobrecargas e curto-circuitos e dispositivos diferenciais contra correntes de fuga à terra que obedecerão às prescrições regulamentares aplicáveis.

Os aparelhos de corte e proteção previstos na instalação serão essencialmente disjuntores, com poder de corte não inferior à  $I_{cc}$  presumida.

O quadro AC escolhido é da marca Schneider Electric (Kaedra- 24 Módulos de 18 mm) com grau proteção IP65 em conformidade com IEC 60529, IK09 em conformidade com EN 50102 e Corrente nominal 63 A.



Figura 36: Quadro AC de 24 módulos

Fonte: <https://www.se.com>

#### **5.3.3.11- Quadro DC**

Deverão cumprir com as disposições dos Pontos 41 e 801.4 das Regras Técnicas das Instalações Elétricas de Baixa Tensão e outra legislação aplicável. Os quadros serão de grau de proteção não inferior a IP 65 segundo a norma EN 60529 e IEC 60529 e IK 08 segundo a norma EN 62262. A estrutura interior e dimensões será tal que satisfaça as normas portuguesas em vigor e que permita alojar a aparelhagem indicada no respetivo esquema e proteja-la contra contactos diretos ou outras ações, por todas as faces.

Os fusíveis, bases de porta-fusíveis e os elementos de ligação estarão devidamente homologados a sua utilização em DC. Os quadros serão instalados de forma a evitar a exposição solar direta. Terão uma resistência ao fogo e ao calor anormal de todos os componentes isolantes conforme a regulamentação em vigor.

O Quadro DC é da marca Schneider *Electric* (*Kaedra*- 8 Módulos de 18 mm) com grau proteção IP65 em conformidade com IEC 60529, IK09 em conformidade com EN 50102 e Corrente nominal 63 A.



Figura 37: Quadro DC de 8 módulos

Fonte: <https://www.se.com>

#### **5.3.4.12- SUNNY HOME MANAGER**

De todas as tecnologias de monitorização descritas anteriormente foi escolhido para o projeto, o Sunny Home Manager 2.0.

O sistema de monitorização SMA Home Manager com acesso na página Sunny Portal permitirá monitorizar a produção e o consumo da instalação, a qualquer momento (valor instantâneo) este registará também erros ou eventos ocorridos. O Sunny Portal serve como interface do utilizador para configurar o Sunny Home Manager e as cargas. O Sunny Portal transmite as configurações para o Sunny Home Manager. O Sunny Home Manager transmite a configuração para as tomadas controladas por rádio. Desta forma, as cargas podem ser ligadas e desligadas através do Sunny Portal.

Este sistema, permite a comunicação (por Ethernet) entre o inversor, sistema de monitorização e website, o que permite o armazenamento e acesso aos dados obtidos na instalação. Poderá ainda ser configurada a função Alarmes e Avisos, que enviam alertas por correio eletrónico (email), face a determinados eventos, permitindo assim uma rápida deteção de uma falha na instalação.



Figura 38: Sunny Home Manager 2.0

Fonte: <https://www.mg-solar-shop.com/media>

O Sunny Home Manager é o dispositivo central responsável pela gestão de energia em residências com um sistema fotovoltaico para consumo próprio. O Sunny Home Manager executará as seguintes tarefas básicas:

- Recolha de valores medidos de energia e potência da fábrica, apresentando os fluxos de energia através do Portal Sunny;
- Controlo automático de cargas domésticas interligadas com o objetivo de otimização da eficiência energética, limitando a alimentação de energia ativa;
- Medição ativa de potência através de unidade de medição integrada com ligação direta até 63 A de corrente limite, para acima desses valores utiliza transformadores de intensidade (corrente);

Uma nota a ressaltar que no projeto vai ter cargas contínuas, ou seja, cargas que necessitam estar conectadas a eletricidade 24 horas, logo o sistema PV não irá alimentá-las quando não houver radiação solar. Para compensar ou resolver esse problema será instalada uma UPS (*Uninterruptible Power Supply*/ Fonte de alimentação ininterrupta), mais precisamente o UPS com inversor ligado APC BACK-UPS de 300 VA e 230 V que protegerá os aparelhos em casos de quedas de energia e também serve para conter:

- Subtensão ou sobretensão;
- Sobrecarga;
- Descarga das baterias;
- Curto circuito nas saídas;
- Pico de tensão;
- Fornece uma energia limpa e ininterrupta.

É um sistema de alimentação secundário de energia elétrica que entra em ação, alimentando os dispositivos a ele ligados (CLP e sensores), quando há interrupção no fornecimento de energia primária. Sua alimentação é provida por uma bateria, que fica sendo carregada enquanto o sistema PV ou a rede elétrica estão funcionando corretamente.



Figura 39: UPS escolhido

Fonte: <https://www.se.com/>

As características do produto podemos encontrar no **Anexo II** do trabalho.

## 5.4- Automação da Fábrica

Para este sistema foi escolhido o Controlador Lógico Programável TM221CE40T da *Schneider Electric* que apresente um custo/benefício que satisfaz todos os pressupostos para a realização do projeto em questão. Toda a programação LADDER apresentando nesse trabalho será realizado através do programa *Somachine Basic (EcoStruxure Machine Expert - Basic)* da *Schneider Electric* usando o respectivo CLP que suporta as linguagens: Lista de instruções, Diagrama LADDER (utilizado neste trabalho) e Grafcet, com as seguintes características a apresentado no quadro a seguir.



Figura 40: CLP TM221CE40T

Fonte: <https://www.se.com>

Gama de produtos	Modicon M221
Produto ou tipo de componente	Controlador lógico
tensão nominal de alimentação	24 V DC
Número de entrada discreto	24, entrada discreta 4 entrada rápida IEC 61131-2 Tipo 1
Número de entrada analógica	2 (0...10 V)
Tipo de saída discreta	Transistor
Número de saída discreto	16 transistor 2 saída rápida
Tensão de saída discreta	24 V DC
Corrente de saída discreta	0.5 A
Resolução de entrada analógica	10 Bits
Lógica de entrada discreta	Sink or source (positive/negative)
Consumo máximo de energia em W	17 W 24 V com número máximo de módulos de expansão E/S) 4,9 W 24 V sem módulo de expansão E/S)
Limites da tensão de alimentação	20.4...28.8 V
Número máximo de expansão de E/S módulo	7 relé de saída

Tabela 8: Característica do CLP

Fonte: Autoria própria a partir da *Schneider Electric*



### **5.4.1- Arranque do Motor**

Para reduzir o consumo elétrico do motor será realizado um arranque estrela-triângulo controlado a partir do CLP.

A partida estrela-triângulo também tem como principal objetivo reduzir a corrente de partida do motor, para que assim a corrente de partida seja menor, fazendo com que a partida seja mais suave e conseqüentemente mais viável para a maioria das aplicações.

O motor possui seis terminais em sua caixa de ligação, sendo assim é possível, através do seu fechamento, receber até dois níveis de tensão (normalmente 220V e 380V).

#### **5.4.1.1- Componentes do arranque estrela-triângulo**

- Fusíveis
- Botoeiras
- Temporizador
- Relé térmico
- Relé falta de fase
- Contatores
  
- Fusíveis

Os fusíveis no sistema de partida dos motores têm a função de proteger o circuito como um todo, isto inclui os cabos, contatores e é claro, o relé térmico.

- Botoeiras ou botões de comando

Para o caso foi utilizado botoeira para comutação de 4 polos. O contato NA (Normalmente Aberto) será utilizado como botão LIGA e o NF (Normalmente Fechado) como botão DESLIGA e ma botoeira de emergência. Esta é uma forma elementar de intertravamento.

#### ➤ Temporizador

O temporizador é um relé de tempo, que tem a função de retardar na energização e na desenergização. Esse dispositivo de automação de partidas dobradas é muito comum em motores elétricos pesados, com mais de 5CV e sua lógica funciona através do funcionamento dos contadores Y e Delta, tendo ainda um intervalo entre eles, de forma a evitar curtos entre suas fases.

#### ➤ Relé térmico

A função do relé de sobrecarga é proteger as cargas contra o aquecimento indevido, seja ele causado pela sobrecarga seja pela falta de fase, o que acontece pelo aumento na corrente do motor. A elevação da corrente faz com que haja o acionamento do mecanismo de disparo que atua sobre os contatos auxiliares, que desligam a carga por meio de um contador.

#### ➤ Relé falta de fase

É indicado para proteger sistemas trifásicos contra falta de fase e assimetria modular de tensão em instalações nas quais esses eventos comprometem o funcionamento de motores, máquinas, equipamentos ou processos. O grau de sensibilidade assimétrica é selecionável no painel frontal, se ocorrer sobretensão ou subtensão simétricas, as mesmas não serão detetadas pelo relé.

#### ➤ Contatores

O contator é um comando eletromecânico que tem um controle de corrente alta por um circuito de corrente baixa, ele é constituído por uma bobina que normalmente é alimentada pelos contatos A1 e A2, quando alimentada ele cria um campo magnético fixo que atrai seu núcleo móvel que fecha seus contatos. Para a realização do arranque será utilizado contatores tripolar normalmente aberto

Todos os componentes utilizados no arranque do motor podemos encontrar no Anexo III do trabalho.

**Com a ligação do motor em estrela-triângulo, apresenta as seguintes vantagens:**

- Redução da corrente de partida para 33% da corrente nominal
- Sistema sem limite máximo de manobras
- Baixo custo (em relação à chave compensadora)
- Torque 1/3 menor que o torque nominal, consequentemente a partida é mais suave.

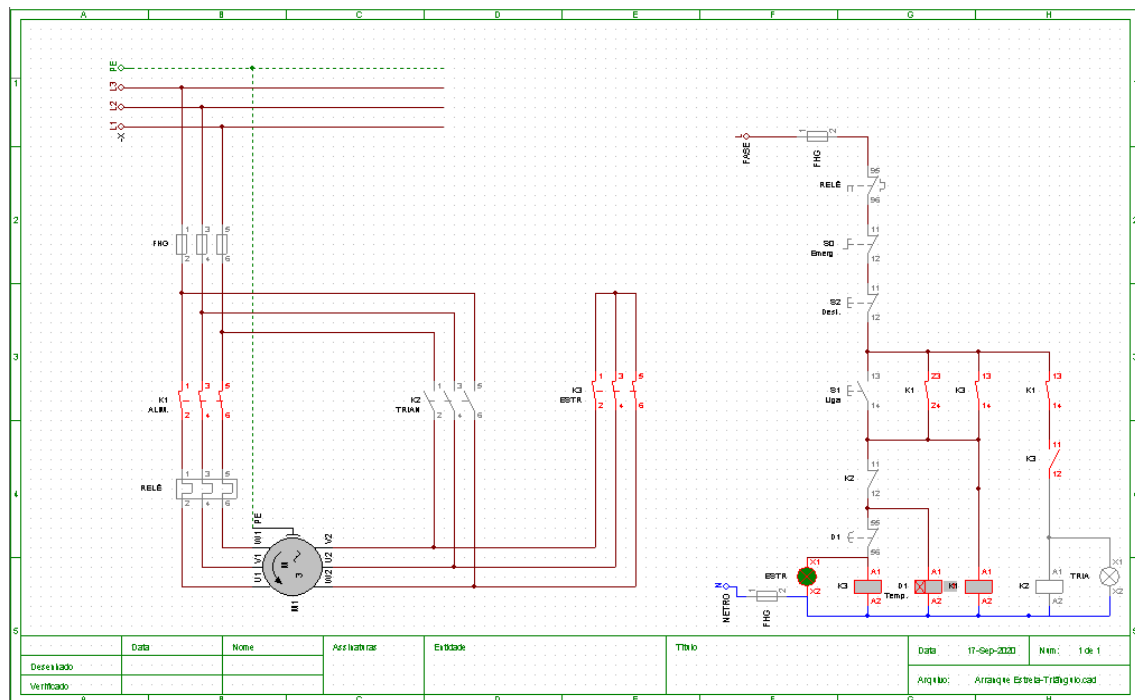


Figura 41: Arranque Estrela-Triângulo a partir do CADSimu

Fonte: Autoria Própria

O esquema em Ladder encontra-se no Anexo III do trabalho

#### **5.4.2- Controle de temperatura da zona de fermentação**

O controle da temperatura será feito através do sensor PT-100 da marca FOCUSENS (Figura abaixo) acoplado ao CLP, este sensor fornece em um sinal analógico de 4 a 20 mA, e envia esse sinal para o CLP. O PT 100 apresenta múltiplas vantagens como por exemplo:

- Medição precisa em ambientes extremos.
- Rápido tempo de resposta.
- Facilidade de aplicação e uso.
- Projetada para resistir a temperaturas extremas de -200 a 600 °C.
- Sonda de aço inoxidável de alta qualidade à prova de água, à prova de humidade e antiferrugem.
- Os padrões da indústria internacional, com maior eficiência de engenharia devido a saída linear.

O PT-100 funciona baseado no princípio do efeito Seebeck, que afirma que dois metais diferentes unidos em duas junções geram uma força eletromotriz (FEM) entre as junções, pois os metais reagem a mudanças na temperatura produzindo uma voltagem FEM relacionada à diferença na temperatura em cada junção. Os PT-100 funcionam com base no preceito de que a resistência elétrica aumenta com o aumento da temperatura.

Quando esse sinal chega ao CLP contendo a informação da temperatura menor que 26°C, que no caso é 4866 no software, ele envia um comando para que o sistema de aquecimento atuar neste caso a lâmpada E27 Infravermelho Emissor De Calor De Cerâmica, fazendo com que o ambiente que está sendo monitorado fique numa temperatura entre 26°C a 33°C estabelecido no projeto. Mas quando a temperatura ambiente ultrapassa os 33°C (5100 no programa) será enviado um sinal a saída do CLP para acionar automaticamente o sistema de refrigeração, refrigerador Hot sale.

Todos os equipamentos se encontram no respectivo Anexo III do trabalho.

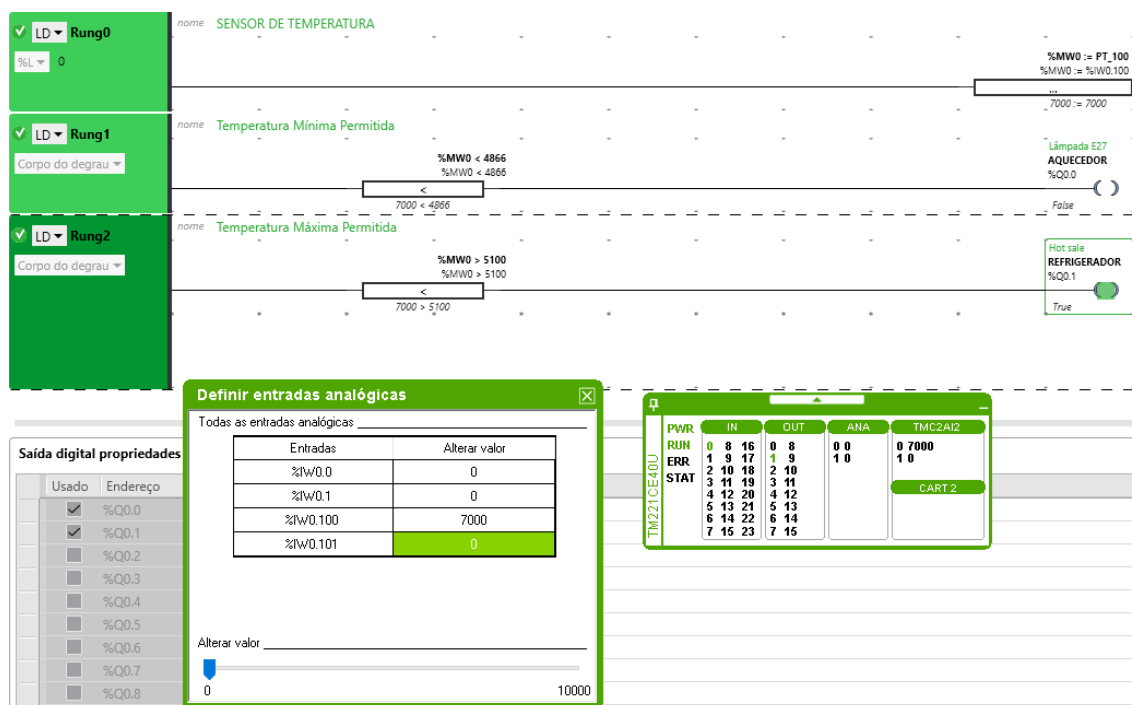


Figura 42: LADDER do controle de temperatura

Fonte: Elaboração próprio

Como podemos ver na figura acima o sistema tem um máximo de incrementos de 16000, ou seja, de 4000 à 20000, para corrente de 4mA representa  $-200^{\circ}\text{C}$  (o valor mínimo que o sensor pode registrar), logo 4866 representa  $26^{\circ}\text{C}$ , e 5110 representa  $33^{\circ}\text{C}$ .

A controlo de temperatura da zona de fermentação é um dos grandes problemas hoje em dia nessas fábricas, logo essa solução torna de extrema importância não só para o projeto, mas também no dia a dia dessas fábricas, uma vez que o controlo desse ajudará e muito na fermentação da calda, diminuindo o tempo de fermentação e aumentando a qualidade do produto.

### 5.4.3- Controlo de pH da calda

Este controle tem por finalidade: reduzir a viscosidade do caldo, remover proteínas, evitar a formação de outras formas indesejáveis de açúcar, eliminar microrganismos.

Durante a calagem é adicionado uma solução de hidróxido de cálcio (leite de cal) com o intuito de promover a neutralização dos ácidos orgânicos presentes no caldo e formar sais os fosfatos presentes no caldo. Os sais formados nesta etapa precipitam em pH neutro e arrastam outras impurezas que aumentam a cor do açúcar gerando então o caldo clarificado. O pH do caldo é monitorado após a calagem e deve ser mantido em torno de 5 para garantir a eficiência do processo. Os valores de pH acima de 5 associados à presença de altas concentrações de açúcares, torna a caldo um produto altamente perecível em termos microbiológicos e afeta no produto final, neste caso o aguardente.

Segundo estudos feitos, os constituintes mais importantes são aqueles responsáveis pela opacidade e cor do caldo: proteínas (albumina), coloides (polissacarídeos como dextrana), sais (cinzas), pigmentos naturais (clorofila), pectina e compostos resultantes de reações químicas no caldo.

Sendo assim o controlo do pH torna-se essencial, para isto será utilizado um elétrico de pH E-201-C-9 Probe BNC e um Transmissor Digital de pH DO 9403T Delta acoplado o CLP respetivo onde controlará o mesmo com o valor pré definido anteriormente 5, que permite a conversão do sinal do elétrico de pH em sinal padrão 4 a 20mA (4000 valor mínimo, 20000 valor máximo).

O elétrico será submerso no caldo, onde será introduzido hidróxido de sódio ao mesmo, onde será misturado através de um agitador instalado em um tanque onde o mosto será enviado. O elétrico consegue fazer medições precisas do pH, variando de 1 à 14 pH, sendo que se pretende uma pH de 5, o valor inserido no programada será de 7000. Para entender melhor o procedimento de programação do CLP e evitando possíveis erros na hora de executar o programa.

Para pH igual a 1 implica que o CLP recebe o sinal mínimo, ou seja, 4000, para pH igual a 14 o CLP recebe sinal máximo de 20000, isto implica que para o pH igual a 5, como é desejado para este projeto o CLP receberá um sinal de 10666,7.

#### **5.4.4- Controle de Sacarose da calda**

Para que o processo de fermentação alcoólica possa o correr com eficiência e precisão, é necessário que a vazão do caldo (calda) que alimenta as recipientes (pipas) seja constante. Para isto será realizado um controle em malha fechada, onde o CLP recebe o sinal de um transmissor DT-301 MD3051 e através de uma válvula de controle, a água é misturada ao caldo para manter a vazão constante de acordo com a capacidade do processo e para controlar o brix no nível desejado.

Porém, como o brix da água é nulo, reduz o brix do mosto, inserindo uma perturbação no processo, uma vez que o brix encontrasse a um nível elevado logo após a moagem da cana-de-açúcar, tornando importante controla-lo, o controle será executado automaticamente por um controle em malha fechada através do CLP que recebe o sinal do transmissor de grau brix controlando a entrada da água conforme a sua necessidade no processo. A válvula de água desligará automaticamente quando o teor de grau Brix do caldo (calda) atingir o valor desejado nesse caso 15 °BRIX.

#### **Descrição do Sistema de controle de pH e Sacarose**

O controle dos dois parâmetros, foi feito simultaneamente a partir de um tanque onde será enviado o caldo a partir do motor de moagem da cana-de-açúcar. Para isso será construído um depósito de água para controlar o brix do caldo, esse depósito conterá uma válvula instala nela é essa válvula será controlada a partir do sensor de sacarose instalado no depósito do caldo (calda), sendo assim sempre que o Brix do caldo tiver acima do valor desejado a válvula será acionada, quando atingir o desejado esse será fechado. O sensor de sacarose para além de acionar a válvula de água terá a função também de acionar o agitador instalado também no depósito do caldo a ser controlado.

O sensor de pH acionará uma válvula de um pequeno depósito que conterá a principal substância que fará o controle do pH o Hidróxido de cálcio ( $\text{Ca(OH)}_2$ ) e água destilada. Esse válvula será desacionada assim que o caldo atingir o pH de 5, e será acionada assim que este valores não corresponder a esse valor. O depósito do caldo conterá uma válvula

que será acionada assim que o caldo atingir o valor de pH e °Brix estabelecido no programa, neste caso 5 e 15% respectivamente.

Na zona de fermentação possui 6 (seis) recipientes para receber o caldo a partir do depósito do caldo já controlado, nesses recipientes será instalados um sensor de nível a cada uma delas para evitar o que o caldo transborde do recipiente, esses sensores acionará uma válvula que será instalado em cada depósito, após esse caldo chegar ao nível desejado, será automaticamente ligado a outra válvula do recipiente a seguir e assim sucessivamente. Enquanto o sensor do depósito do caldo estiver acionado encherá apenas os recipientes que tiverem vazios através de sensores de nível instalados no fundo dos recipientes que enviaram um sinal para abrir a válvula de acordo com o recipiente vazio.

## 5.5- Viabilidade económica

O custo inicial do projeto é de 1.164.331ECV (Um milhão, cento e sessenta e quatro mil, trezentos e trinta e um escudos). Este inclui o custo do sistema fotovoltaico, requalificação elétrica, automatização da fábrica, projeto eletrotécnica de energia renováveis e custo de instalação de todo o sistema. Na tabela a seguir, mostra de forma detalhada o custo total do sistema dimensionado.

Descrição	Quantidade	Unidade	Por Unidade (ECV)	Total Líquido (ECV)
<b>SISTEMA FOTOVOLTAICO</b>				
Modulo CHSM6612P-340 Astronergy (UL)	10	UN.	9401	94010
INVERSOR SMA STP 3.0	1	UN.	113852	113852
SISTEMA MONITORIZACAO SMA HOME MANAGER 2.0	1	UN.	58830	58830
ESTRUTURA PARA TELHADO PLANO COM ESQUADROS 15° NA HORIZONTAL	1	UN.	36330	36330
QUADRO DC	1	UN.	7250	7250
QUADRO AC	1	UN.	4348	4348
CABO XV 4G10 XV-R 0.6/1KV PRETO (BOB)	30	MTS	422	12660
CABO 6MM PV SOLAR ZZ-F(AS) 0,6/1 PRETO	100	MTS	68	6800
CABO 6MM PV SOLAR ZZ-F(AS) 0,6/1 VERMELHO	100	MTS	68	6800
CABO UTP CAT 6 CU TK PVC (305M)	50	MTS	26	1300
CALHA 10030 FBR 20X12 ADESIVA	30	MTS	54	1620
TERMINAL 16X10 TD COBRE	20	MTS	15	300
CALHA 10090 RBR 110X50 BRANCA	20	MTS	248	4960
FIO V 6 H07V-R VERDE/AMARELO (BOB)	4	MTS	79	316
DESCARREGADOR SOBRETENSÃO DC 400VAC 40KA	1	UN.	11501	11501
FUSIVEL NH-GPV	2	UN.	220	440
DISJUNTOR 4P 10A 10KA CURVA C	1	UN.	3000	3000
INTERRUPTOR DIFERENCIAL 4P 25A 6KA 300MA CLASSE AC	1	UN.	3355	3355
DESCARREGADOR AC DA CIRPROTEC , CS4P-15/400	1	UN.	6270	6270
<b>CUSTO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO</b>				<b>373942</b>



REQUALIFICAÇÃO ELÉTRICA				
TUG SCHUKO 230V-50Hz	10	UN.	222	2220
TUG TRIFÁSICA SCHUKO , 380V-50Hz	1	UN.	600	600
DISJUNTORES MONOFÁSICAS LEGRAND 1P+N 16A	4	UN.	722	2888
DISJUNTORES MONOFÁSICAS LEGRAND 1P 10A 6 kA	4	UN.	109	436
DISJUNTORES MOTOR TRIFÁSICA 25A	1	UN.	2967	2967
LÂMPADAS LED TUBULAR DE 18W COM ARMADURA	21	UN.	850	17850
LÂMPADAS LED 4W	1	UN.	178	178
SUORTE DE LED 4W	1	UN.	92	92
INTERRUPTORES SIMPLES/COM ESPELHO	3	UN.	152	456
COMUTADOR DE ILUSTRE/COM ESPELHO	2	UN.	223	446
CAIXA DE DERIVAÇÃO	2	UN.	240	480
TUBO FLEXÍVEL DE 16	40	MTS	13	520
TUBO FLEXÍVEL DE 25	40	MTS	17	680
TUBO FLEXÍVEL DE 50	40	MTS	25	1000
CONDUTORES V 2,5 H07-V PRETO	100	MTS	23	2300
CONDUTORES V 2,5 H07-V AZUL	100	MTS	23	2300
CONDUTORES V 1,5 H07-V PRETO	100	MTS	16	1600
CONDUTORES V 1,5 H07-V AZUL	100	MTS	16	1600
CONDUTORES V2,5 H07-V VERDE/AMARELO	100	MTS	23	2300
CONDUTORES V1,5 H07-V VERDE/AMARELO	100	MTS	16	1600
CABO 5G 6MM2	3	MTS	477	1431
BACK-UPS 300 VA 230 V	1	UN.	7236	7236
QUADRO 12 MOD 1X12 ENC ALV C/P OPACA IP40 IK07 PRACTIBOX S	1	UN.	5500	5500
CUSTO DA REQUALIFICAÇÃO ELÉTRICA				56680

AUTOMAÇÃO DA FABRICA				
TM221CE40T CONTROLLER M221 40 IO	1	UN.	32400	32400
TRANSISTOR PNP Ethernet	1	UN.	32400	32400
TeSys K CONTATOR - 3P(3 NO) - AC-3 - <= 440 V 16 A - 380...400 V AC coil	2	UN.	7407	14814
MINICONTATOR AZ CAW04-22-00V25	1	UN.	2200	2200
LR7KD322 TESYS K - RELÉ TÉRMICO NÃO DIFERENCIAL - 12...16 A - CLASSE 10A	1	UN.	6050	6050
FUSIVEL FNH00-25U NH GI/gG	1	UN.	1320	1320
EATON ETR4-51-W RELÉ TEMPORIZADOR, 50 ms, 1W, 3-60s, 400 V AC	1	UN.	11500	11500
RELÉ FALTA DE FASE TRIFÁSICO FSS-01MC	1	UN.	1867	1867
SENSOR PT-100 FOCUSSENS	1	UN.	10000	10000
SENSOR DE PH	1	UN.	1430	1430
SENSOR DE SACAROSE	1	UN.	24600	24600
SENSOR DE NIVEL	13	UN.	6	78
MICC 12V PRETO INFRAVERMELHO IR LÂMPADA DE AQUECIMENTO DE CERÂMICA AQUECEDOR	1	UN.	200	200
SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO	1	UN.	12000	12000
BOTOEIRA NA	1	UN.	540	540
BOTOEIRA NF	1	UN.	540	540
BOTOEIRA EMERGÊNCIA	1	UN.	2170	2170
CUSTO DO SISTEMA DE AUTOMAÇÃO				121709
CUSTO TOTAL DOS MATERIAIS				552331
TRANSPORTE DO MATERIAIS				187000
DESPACHO DOS MATERIAIS				170046
CUSTO DE INSTALAÇÃO				150000
CUSTO DO PROJETO				105000
CUSTO TOTAL DO PROJETO				1164377

Tabela 9: Custo Total do sistema

Fonte: Autoria Própria

Tem em conta os dados da tabela 8 é possível visualizar no gráfico abaixo como está dividido o custo do projeto, sendo que a maioria percentagem, cerca de 32% corresponde ao custo dos materiais utilizados na instalação do sistema fotovoltaico.

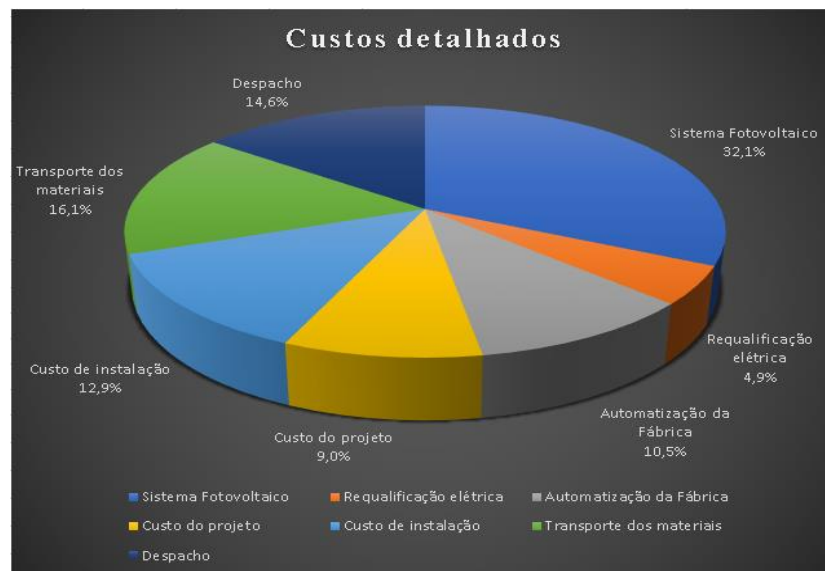


Gráfico 8: Custos detalhado do projeto

Fonte: Autoria Própria

Para efetuar a análise da viabilidade económica foi utilizando o software RETSCREEN<sup>7</sup>, neste foi realizada a inserção dos seguintes dados de entrada do sistema fotovoltaico :

- Módulos Fotovoltaicos: 10 unidades Astronergy 340 W (Silício Monocristalina)
- Eficiência de um módulo: 17,5 %
- Inclinação: 15 graus
- Azimute: 0 graus
- Inversor: Sunny Tripower 3.0
- Eficiência do Inversor: 98,2 %

<sup>7</sup> **RETScreen**- Sistema de análise de viabilidade de projetos de eficiência energética, energias renováveis e cogeração, bem como análise contínua do desempenho energético.

Fotovoltaica

Descrição

Fotovoltaica

Nota

Nível

Nível 1

Nível 2

Fotovoltaica - Nível 2

Avaliação de recursos

Sistema de posicionamento solar

Fixo

Inclinação

°

15

Azimet

°

0

Mostrar dado

Fotovoltaica

Tipo

mono-Si

Potência elétrica

W

3,400

Fabricante

Astrnergy

Modelo

CHSM6612P-340 AstroHalo

Número de unidades

10

Eficiência

%

17,5%

Temperatura de operação normal da célula

°C

45

Coeficiente de Temperatura

% / °C

0,4%

Área do coletor solar

m²

19,4

Perdas diversas

%

2%

Inversor

Eficiência

%

98,2%

Capacidade

kW

3

Perdas diversas

%

1%

Resumo

Fator de Utilização

%

22,4%

Custos iniciais

\$/kW

Custo de O&M (economia)

\$/kW-ano

Preço eletricidade exportada

Eletricidade exportada p/ rede - anual

Eletricidade exportada p/ rede

\$/kWh

32

Receita com eletricidade exportada

kWh

6.679

\$

213.734

Figura 43: Dados de entrada do sistema fotovoltaico

Fonte: Autoria Própria

No que tange aos dados financeiros inseridos considerou-se :

- Taxa de Juros :8,25%
- Duração de vida do projeto:25 Anos
- Taxa de inflação:1,3%
- 50% de investimento de capital próprio
- Pagamento da dívida 6 anos

O fator de utilização do UPAC (Unidade de Produção Fotovoltaica para Autoconsumo) é 22,4%, a energia anual produzida é de 6679 kWh. O custo de eletricidade de 32 ECV (Trinta e dois escudos) por cada kWh, logo o ganho anual é de 213734 ECV (Duzentos e

treze mil setecentos e trinta e quatro escudos). A tabela abaixo mostra as despesas e as receitas anuais com a instalação do sistema.

<b>Pagamento Anual de Custos e Empréstimos</b>	
Designação	Custo
Manutenção	20000 ECV
Pagamento da dívida em 6 anos	126893 ECV
<b>Economia e Receita Anual</b>	
Receita com a eletricidade exportada	213734 ECV

Tabela 10: Receitas e despesas Anuais do sistema

Fonte: Autoria Própria

No gráfico abaixo é apresentado os dados da viabilidade económica, projeto apresenta um TIR de 20,8%, um retorno simples do investimento em 6 anos, e um retorno de capital próprio em 6,6 anos.

O projeto apresenta m fluxo de caixa acumulativo, ao longo dos 25 anos de vida útil de 4400000 ECV (Quatro milhões e quatrocentos mil escudos)

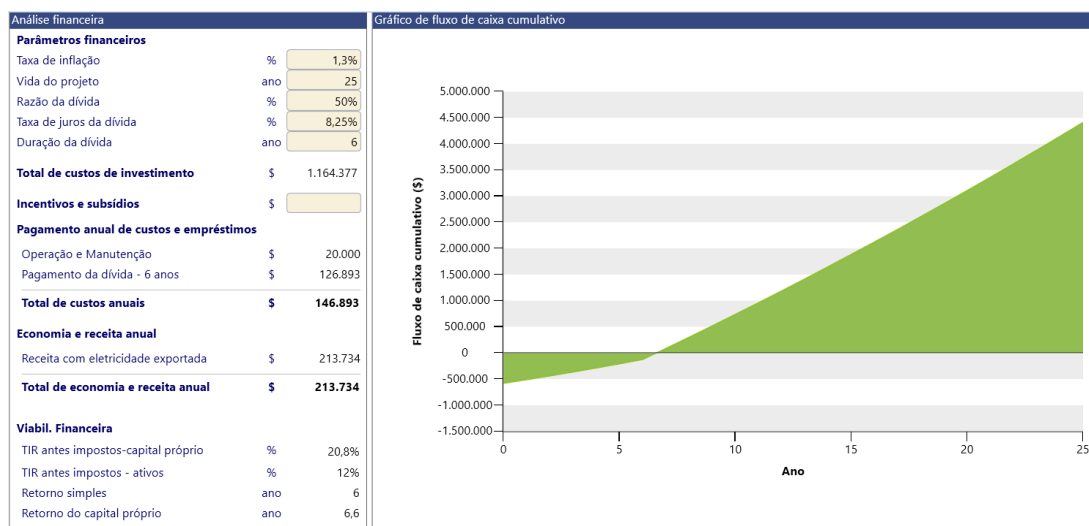


Gráfico 9: Fluxo de caixa cumulativo

Fonte: Autoria Própria

## 6. CONCLUSÃO

Diante dos objetivos estabelecidos, conclui-se que o foi elaborado, com êxito, o dimensionamento de um sistema fotovoltaico conectado à rede para alimentação das cargas existente na fábrica, bem como o controlo do pH, sacarose e temperatura da zona de fermentação. Foi verificado que há disponibilidade de espaço e condições físicas favoráveis ao desenvolvimento da instalação dos sistemas dimensionados, constatando que, caso haja interesse e recursos financeiro suficientes para elaboração e implantação do projeto, é possível concretizá-lo. Com a instalação do sistema, nos momentos em que há um ótimo recurso solar, a demanda energética da instalação é suprimida com o sistema fotovoltaico, reduzindo assim a fatura na conta de luz.

Para a escolha dos componentes desse sistema foi feito uma análise rigorosa do mercado, de forma a encontra o melhor produto ao melhor preço possível. Todos os equipamentos dimensionados estão dentro dos limites de proteção, de segurança e de qualidade de energia exigidos.

Diferenças foram observadas nos cálculos efetuados manualmente e os feitos em simulações computacionais para o dimensionamento do sistema PV, onde sem dúvida estas simulações foram mais realistas do que os cálculos manuais pois este não foram contabilizadas as perdas de eficiência associadas a todos os componentes e às condições de operação. Tais fatores têm impacto sobre a geração final de energia prevista.

No análise dos diagramas LADDER do sistema automatizado foi possível constatar que todos os processos foram realizados com sucessos sendo que as simulações comprovaram o mesmo, fazendo que esse controlo de qualidade do caldo contribuir e muito para a produção de um melhor produto, sendo que este processo sem dúvida é um caminho prometedora seguir no futuro.

A análise da viabilidade económica mostrou que custo total do projeto foi de 1164377 ECV, sendo a maior parte derivado do sistema PV, apresentando um payback de 6 anos,

com o retorno do capital próprio de 6,6 anos, nos 25 anos de vida útil do mesmo, tornando assim um projeto viável.

## **7. Bibliografia**

Adororobotica, <http://www.adororobotica.com/Sensores.pdf>, Acessado em: 16-072020, 18:42

Albuquerque, P. U. B.; Alexandria (,2009). Analise de Redes industriais: aplicações em sistemas digitais de controle distribuído. São Paulo: Ensino Profissional.

Alves. J. (2004) Mini-Curso de Produção de Cachaça Artesanal. III Jornada Acadêmica de Engenharia de Alimentos, Departamento de Ciência Exactas e Tecnologia, Centro Universitário de Belo Horizonte - UNIBH.

Araújo. R. (2016). Dimensionamento de sistema fotovoltaico conectado à rede aplicado a uma fábrica de polpas de fruta, Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal do Ceará.

Barreto. M. (2011). GESTO. Plano Energético Renovável Cabo Verde, Algés, Portugal.

Brassolatti M. (2016). Análise do Percentual de Impurezas Vegetais e Minerais Presentes na Cana-de-Açúcar, Revista Interdisciplinar de Tecnologias e Educação.

Carvalho, W. (2015). Estudo da automação e controle do grau brix das dornas de fermentação de uma destilaria, Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Cassiolato. C e Alves. E. (2008). Medição de vazão. Revista Controle & Instrumentação

Chang. C. (2012). Otimização Técnico Econômica de um Sistema Híbrido Fotovoltaico-Diesel com Banco de Baterias, Dissertação de Mestrado, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

CRESESB, Centro de Referencias para as Energias Solar e Eólica Sérgio S.Brito, <http://www.cresesb.cepel.br>, Acessado em : 05-09-2020.

Donauer Solar Systems, Controlar e Poupar - Monitorização de Energia, <https://www.dsolarsystems.com/sistemas-de-monitorizacao>, Acessado em: 05-05-2020.

Endress e Hauser, pH measurement in industrial processes, Selection and engineering guide for different industries and applications, <http://hopluc.com.vn> , Acesso em : 05-06-2020.

Fialho A. (2004). Automação Pneumática: Projetos, Dimensionamento e Análise de Circuitos, Editora Erica.

Foster.R e Ghassemi. M. (2009). Solar energy: renewable energy and environment. Boca Raton: CRC Press.

Graça. R. (2019). Ponte – Empresa de energia solar em Cabo Verde, Tese de Mestrado, Escola Superior de Tecnologia e Gestão Instituto Politécnico de Bragança.

Georgini. M. (2011). Automação Aplicada: Descrição e Implementação de Sistemas Sequenciais com PLCs, São Paulo: Editora Érica, 9ª Edição, 2011. . São Paulo: Editora Érica, 9ª Edição.

IEA-International Energy Agency; Statistics –Latest statistics and news, <http://www.iea.org/statistics>, Acessado em: 03-06-2020.

Melo.F. (2018), Instalador de Sistemas Fotovoltaicos, <https://robertovaler.com>, Acessado em : 25-06-2020.

Moraes e Castrucci P.(2007) de L. Engenharia de Automação Industrial. 2ª Ed. Rio de Janeiro: LTC.

Morais, T. Capovilla, (2008) Medidor de pH por imagem, Revista Ciência e Tecnologia.

Morriss. B. (1995) Automated manufacturing systems: Actuators, controls, sensors, and robotics. New York: Glencoe/McGraw-Hill.

MPPTSolar, [ehttps://www.mpptsolar.com](https://www.mpptsolar.com), Acessado em 05-06-2020.

Ndiaye. M. (2013). Operação de Conversores Back-to-Back Para Aproveitamento de Energia Fotovoltaica, Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Oliveira. M. (2005), Estratégias de controle de carga e descarga em sistemas fotovoltaicos domiciliares, Trabalho Conclusão de Curso, Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo.

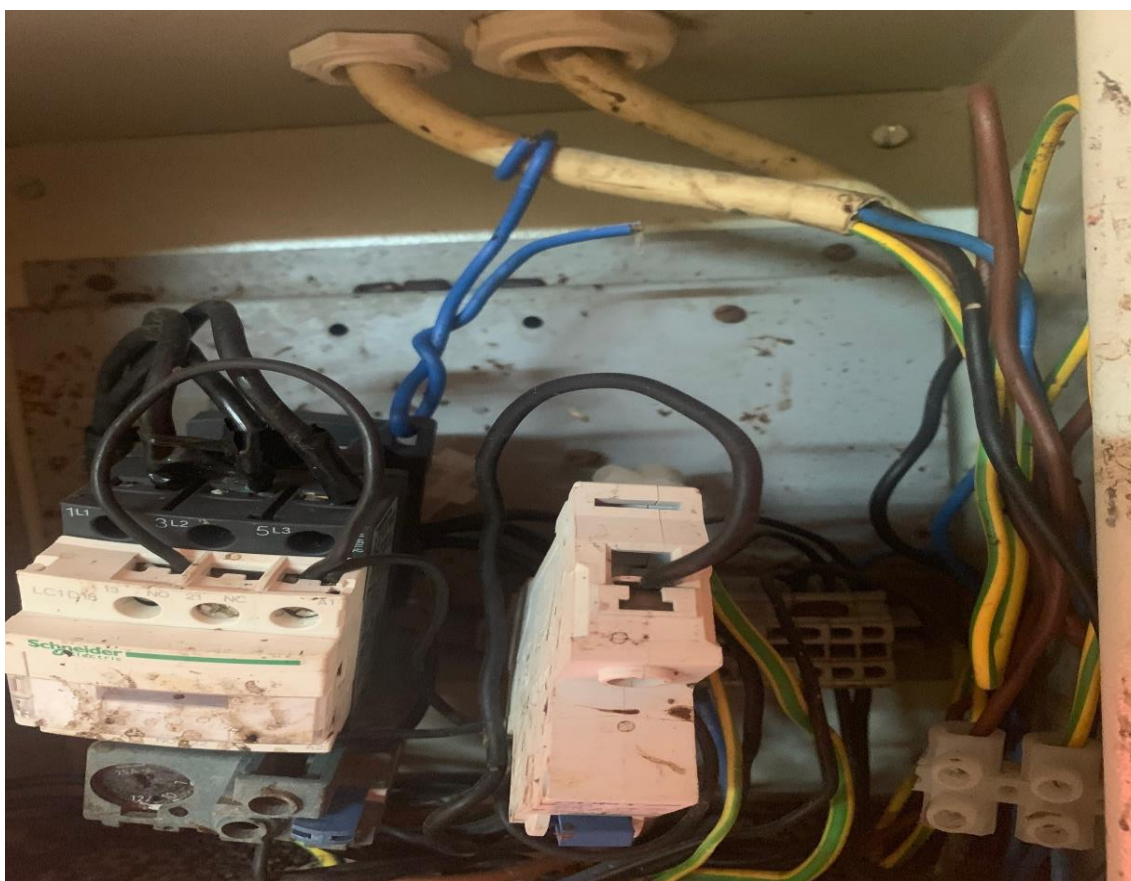
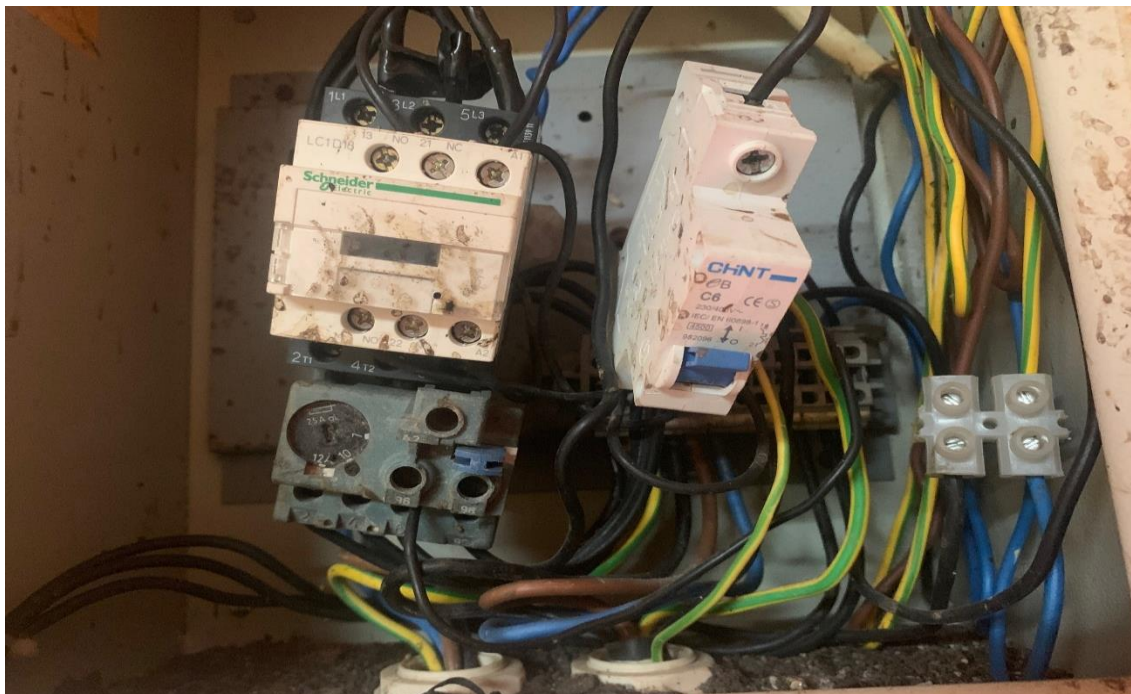


- Oliveira. M. (2006). Investigation of the Relationship Between Load and Loss Factors for a Brazilian Electric Utility, IEEE/PES Transmission & Distribution Conference and Exposition: Latin America - TDC '06.
- Pereira. J. (2015). Avaliação de Projetos Energias Renováveis e Eficiência Energética em Cabo Verde, Relatório de Estágio, Universidade do Algarve.
- Peruzzo. M. e Canto. E (2006). Química na abordagem do cotidiano, Editora Moderna.
- Ribeiro. V. (2006). Projeto de um Carregador de Celular utilizando Células Fotovoltaicas, Trabalho Conclusão de Curso, Centro Universitário de Brasília – UniCEUB.
- Rivera. M (2008). Small Wind / Photovoltaic Hybrid Renewable Energy System Optimization, Dissertação de mestrado - University of Puerto Rico.
- Roggia, L. Fuentes, R. (2016). Automação Industrial, Santa Maria, Rede E-Tec Brasil.
- Santana. F. (2014). Projeto de um Sistema de Geração Fotovoltaica para a UFRJ, Trabalho Conclusão de Curso, Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- Silveira, Paulo R.; SantoS, Winderson E. (2002). Automação e Controle Discreto. 4ª Ed. São Paulo: Érica.
- Solarsystems, <https://www.d-solarsystems.com>, Acessado em:12-06-2020.
- Souza. A J. (2005). Sistema de Gerência de Informação de Processos Industriais via WEB. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Elétrica) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte.
- Souza M. (2010). Algoritmos para Estimar Curvas de Cargas a Partir de Padrões de Hábitos de Consumo, artigo, Bauru, UNESP.
- Wendling, M. (2010). Sensores, Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista.
- Souza. R (2014). Introdução a sistemas de energia solar fotovoltaica, Ribeirão Preto, Blue Sol Solar
- Wikienergia, <http://wikienergia.pt/>, Acessado em: 12-06-2020.
- Zancan, M. (2011) Controladores Programáveis, Santa Maria, Rede E-Tec Brasil.

## ANEXOS

### Anexos I- REQUALIFICAÇÃO ELÉTRICA

#### Estado atual do sistema elétrico da fábrica

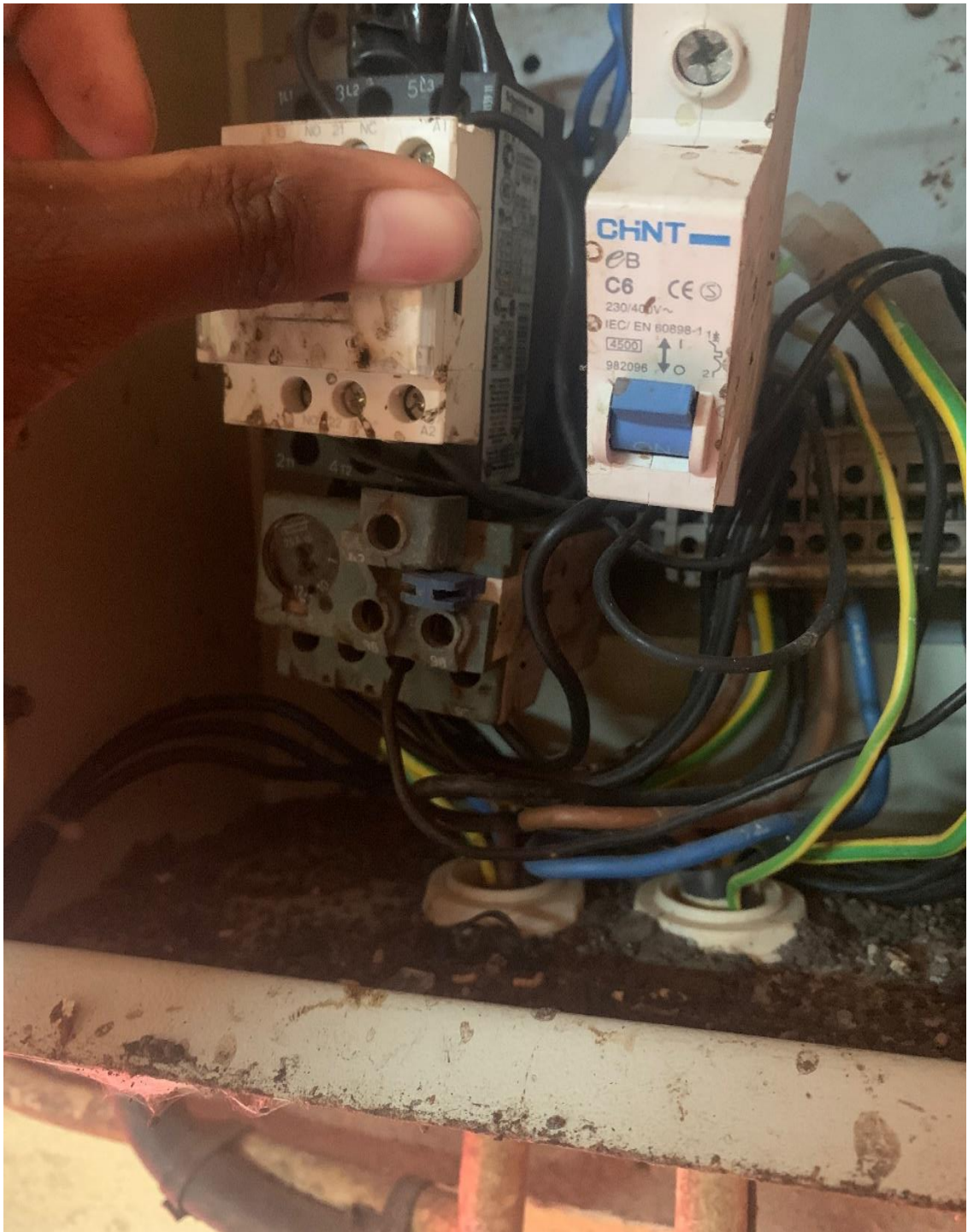












## Tabela pg. 273 e 403 de RTIEBT (Correntes admissíveis nos cabos)

[E] QUADRO 52-C1

Correntes admissíveis, em amperes, para os métodos de referência A, B e C  
(de acordo com o quadro 52H)









Condutores isolados a policloreto de vinilo (PVC), para:

- dois condutores carregados
- cobre ou alumínio
- temperatura da alma condutora: 70°C
- temperatura ambiente: 30°C

Seção nominal dos condutores (mm <sup>2</sup> )	Método de referência		
	A	B	C (*)
<b>Condutores de cobre</b>			
1,5	14,5	17,5	19,5
2,5	19,5	24	27
4	26	32	36
6	34	41	46
10	46	57	63
16	61	76	85
25	80	101	112
35	99	125	138
50	119	151	168
70	151	192	213
95	182	232	258
120	210	269	299
150	240	-	344
185	273	-	392
240	320	-	461
300	367	-	530
<b>Condutores de alumínio</b>			
2,5	15,0	18,5	21
4	20	25	26
6	26	32	36
10	36	44	49
16	48	60	66
25	63	79	83
35	77	97	103
50	93	118	125
70	118	150	160
95	142	181	195
120	164	210	226
150	189	-	261
185	215	-	298
240	252	-	352
300	289	-	406

Quadro 52H

### Exemplos de modos de instalação

Exemplo	Designação	Ref <sup>P</sup>	(continuação)
			Método de ref <sup>P(1)</sup>
1	2	3	4
	Cabos mono ou multicondutores (com ou sem armadura) fixados às paredes	11	C
	Cabos mono ou multicondutores (com ou sem armadura) fixados aos tectos	11A	C [3]
	Cabos mono ou multicondutores (com ou sem armadura) em caminhos de cabos não perfurados	12	C [2] (3)
	Cabos mono ou multicondutores (com ou sem armadura) em caminhos de cabos perfurados	13	E ou F [4] (3)
	Cabos mono ou multicondutores (com ou sem armadura) em consolas	14	E ou F [4] ou [5] (2) (3) G
	Cabos mono ou multicondutores (com ou sem armadura) fixados por braçadeiras e afastados dos elementos da construção	15	E ou F [4] ou [5] (2) (3) G
	Cabos mono ou multicondutores (com ou sem armadura) em escadas (para cabos)	16	E ou F [4] ou [5] (2) (3) G
	Cabos mono ou multicondutores auto-suportados ou suspensos por fiadores	17	E ou G

[E] QUADRO 52-C1

Correntes admissíveis, em amperes, para os métodos de referência A, B e C  
(de acordo com o quadro 52H)

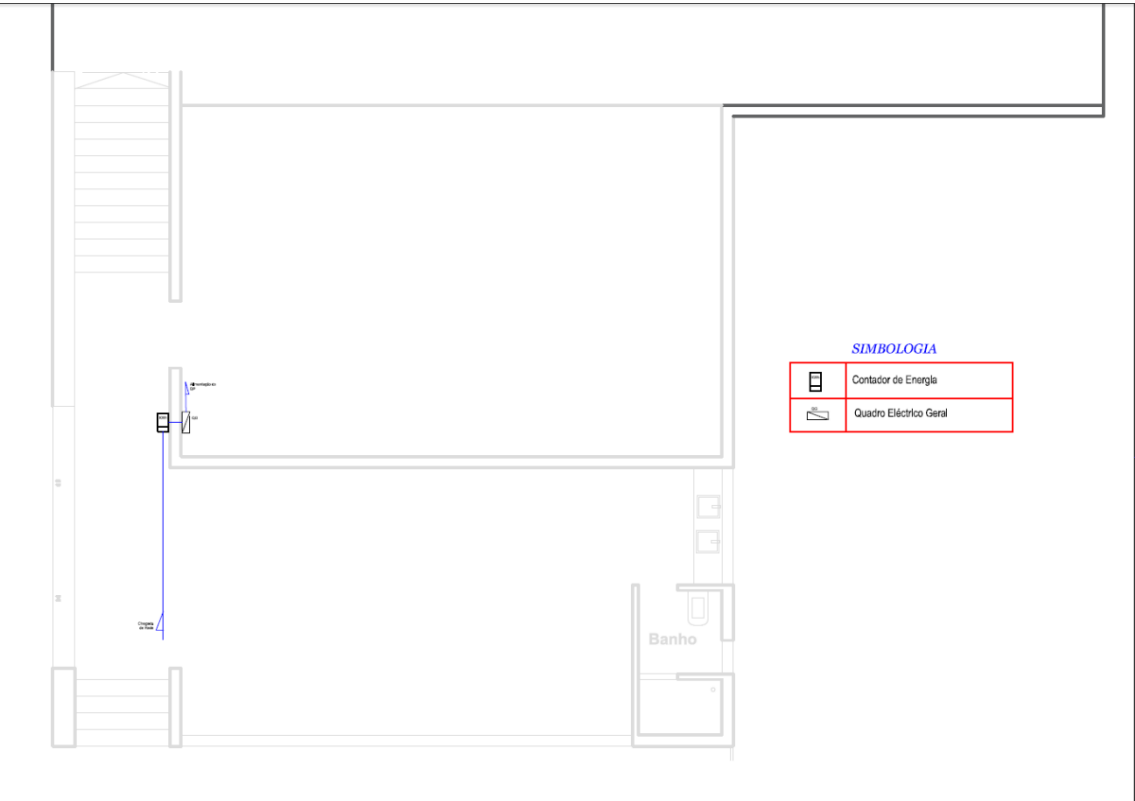
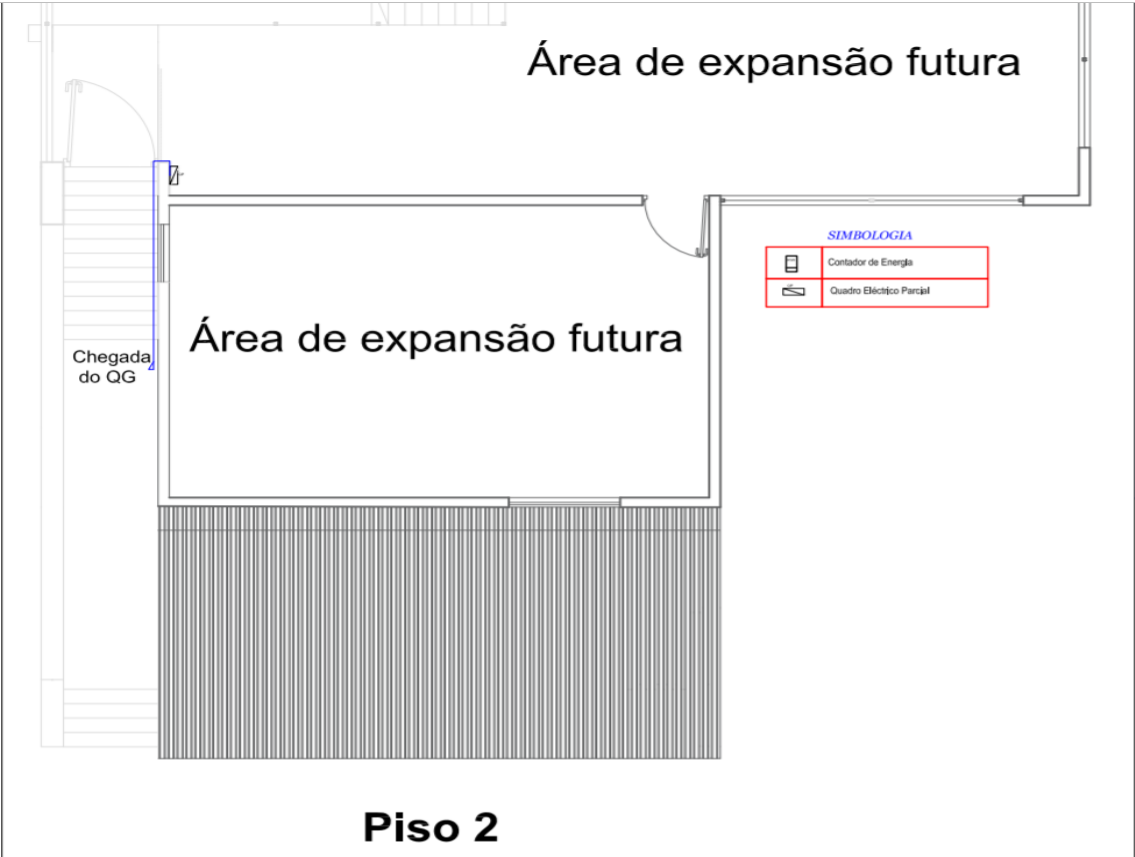
Condutores isolados a policloreto de vinilo (PVC), para:

- dois condutores carregados
- cobre ou alumínio
- temperatura da alma condutora: 70°C
- temperatura ambiente: 30°C

Seção nominal dos condutores (mm <sup>2</sup> )	Método de referência		
	A	B	C <sup>(1)</sup>
<i>Condutores de cobre</i>			
1,5	14,5	17,5	19,5
2,5	19,5	24	27
4	26	32	36
6	34	41	46
10	46	57	63
16	61	76	85
25	80	101	112
35	99	125	138
50	119	151	168
70	151	192	213
95	182	232	258
120	210	269	299
150	240	-	344
185	273	-	392
240	320	-	461
300	367	-	530
<i>Condutores de alumínio</i>			
2,5	15,0	18,5	21
4	20	25	28
6	26	32	36
10	36	44	49
16	48	60	66
25	63	79	83
35	77	97	103
50	93	118	125
70	118	150	160
95	142	181	195
120	164	210	226
150	189	-	261
185	215	-	298
240	252	-	352
300	289	-	406

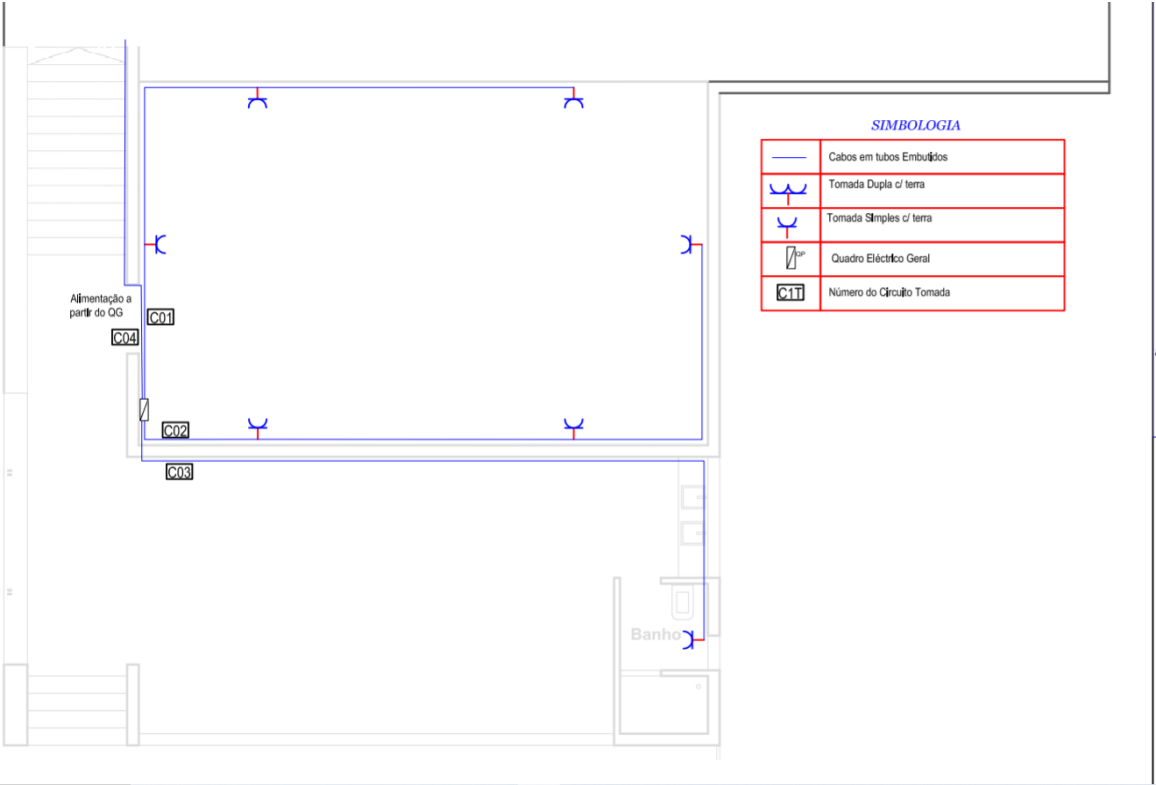
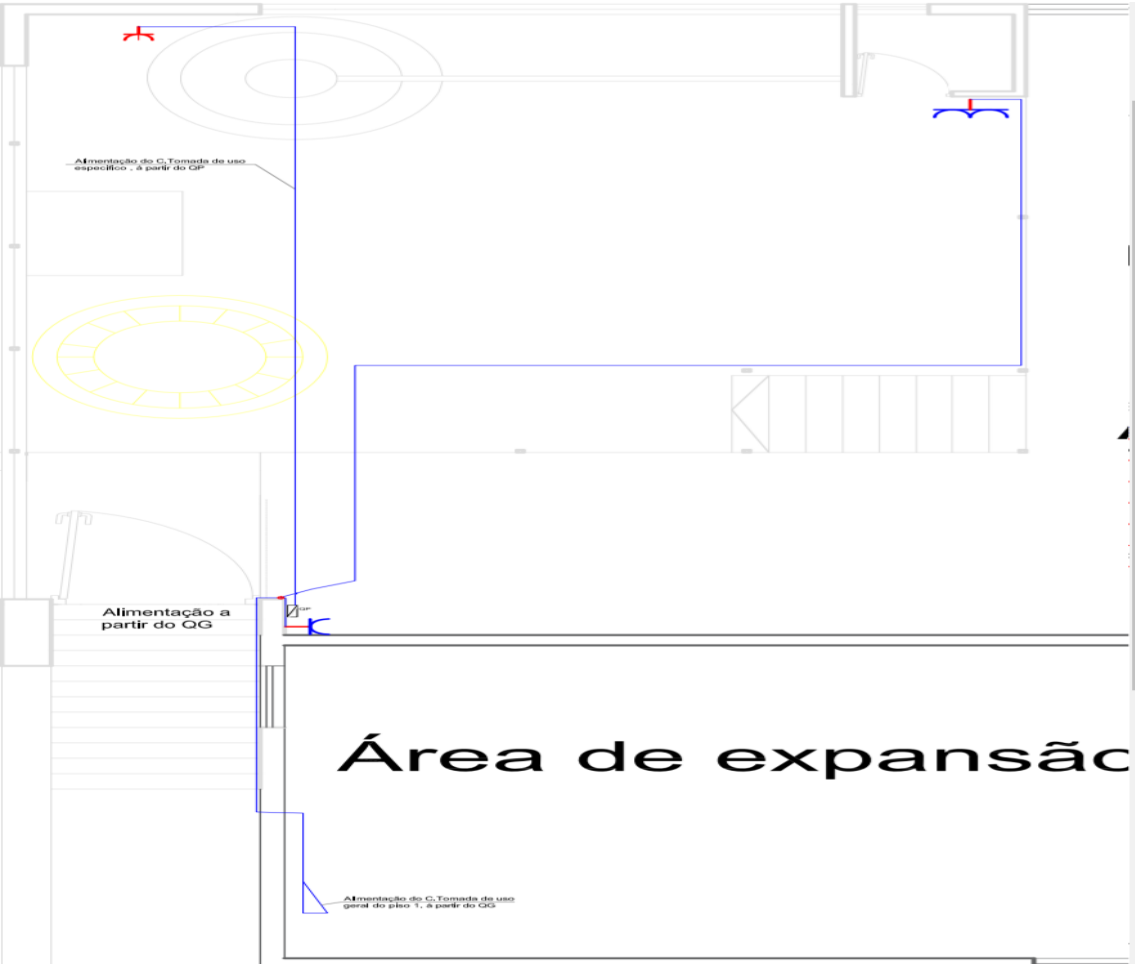
**Esquemas AUTOCAD da requalificação elétrica da Fábrica**

**Circuito de Alimentação**

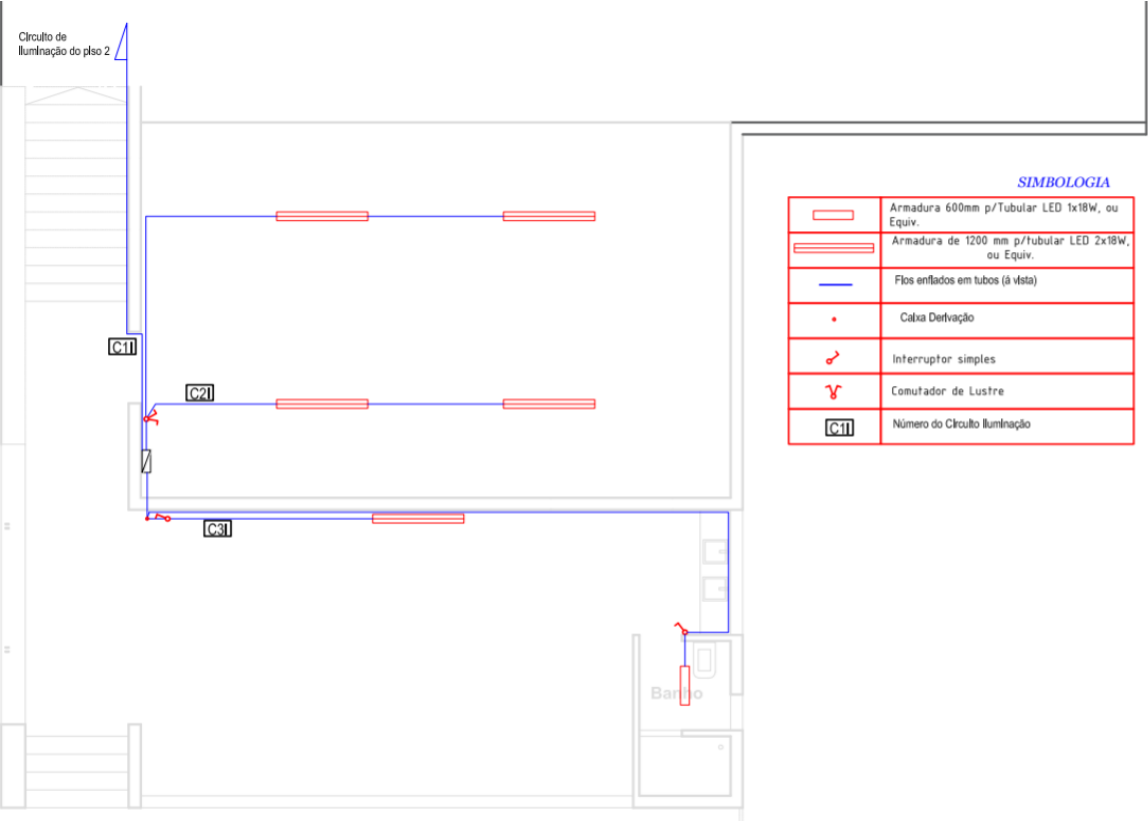
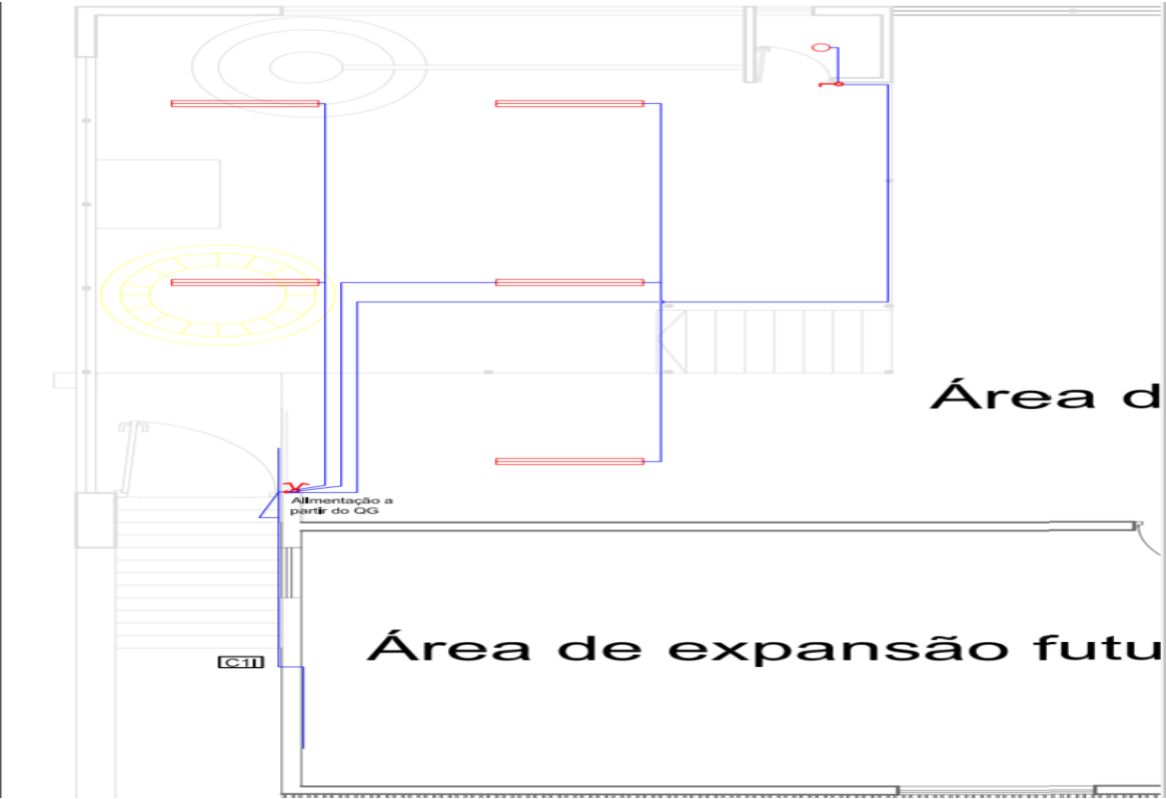




Circuito de tomada



Circuito de Iluminação



Piso 1

Diagrama de uma planta baixa de um edifício. No canto superior esquerdo, há uma escada circular amarela. No canto inferior esquerdo, há uma escada retangular. No canto superior direito, há uma porta aberta. No canto inferior direito, há uma porta fechada. No canto central esquerdo, há uma saída de emergência rotulada S1, com um símbolo de saída de emergência (seta verde para cima) e um símbolo de saída de emergência (seta vermelha para cima). Uma linha tracejada indica a 'Área de expansão futura'. No canto inferior direito, há uma tabela de simbologia.

**Área de expansão futura**

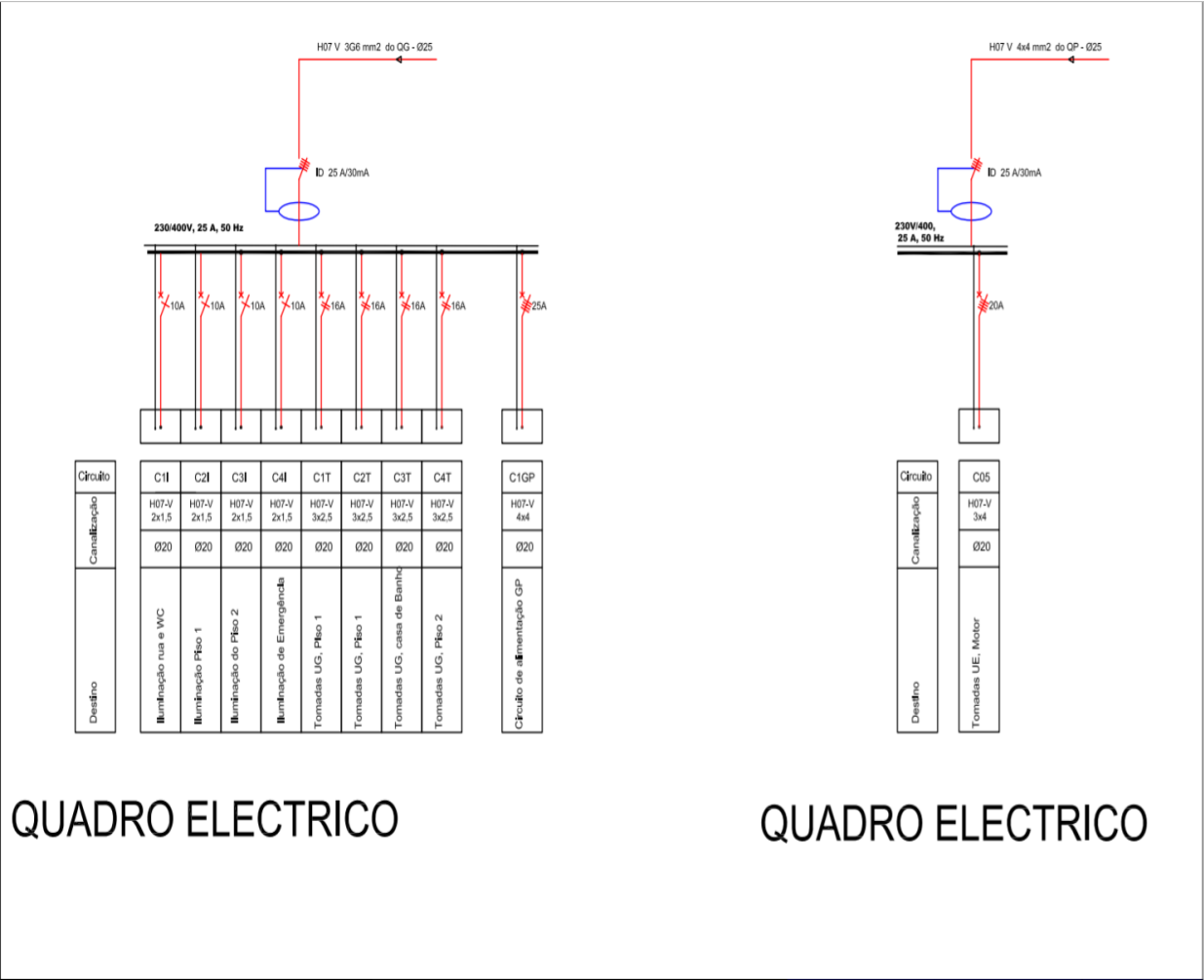
**Área de expansão futura**

**SIMBOLOGIA**

S1	Armadura de emergência ELI 03 8M para fixação na parede (2x8W)
—	Cabos enfiados em calhas
	Pictogramas com adesivo, com indicação das saídas a serem fixadas nas armaduras conforme os desenhos



**Quadros Eléctricos**



QUADRO ELECTRICO

QUADRO ELECTRICO

**Disjuntor motor**



Detalhes do produto: Schneider Electric: Disjuntor Motor GV2ME32 24 - 32A Schneider

- Acionamento: Botão de Pressão
- Altura: 9cm
- Comprimento: 4,5cm
- Corrente Eléctrica: 24 - 32A
- Largura: 8cm
- Modelo: GV2ME32
- Produto: Disjuntor Motor
- Quantidade de Pólos: 3 Pólos
- Tipo: Termomagnético
- Tensão de Operação: 690VCA

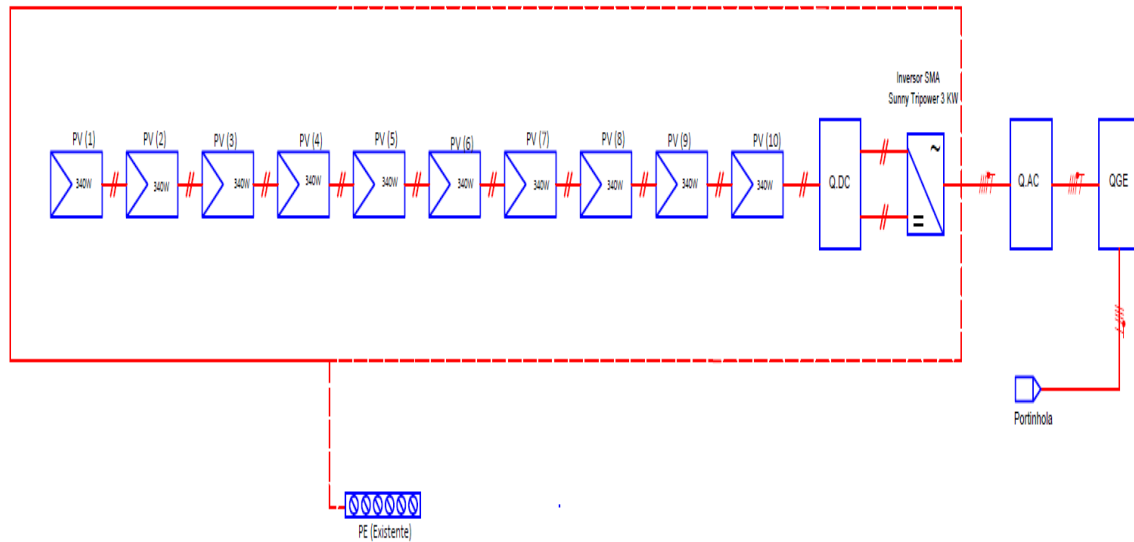
## Caraterísticas do UPS

<b>Visão geral</b>	
Prazo de entrega	Normalmente em Estoque
<b>Físico</b>	
Número de unidade de rack	0U
Cor	Bege
Profundidade	33,3 cm
Altura	15,2 cm
Peso	5,5 kg
Largura	8,6 cm
<b>Entrada</b>	
Frequência da rede	50/60 Hz +/- 5 Hz manual switch
Plug standard	IEC 60320 C14
Limites da tensão de entrada	196...280 V
Tensão de entrada	230 V
<b>Saída</b>	
Potência nominal em W	180 W
Potência Máxima Configurável (Watts)	180 W
Topologia	Em modo de espera
Nb of power socket outlets	3 IEC 60320 C13 1 IEC 60320 C13 surge 2 IEC Jumpers
Output voltage	230 V
<b>Conformidade</b>	
Certificações do produto	C-Tick
07/06/2020	
Life Is On   Schneider Electric	
1	

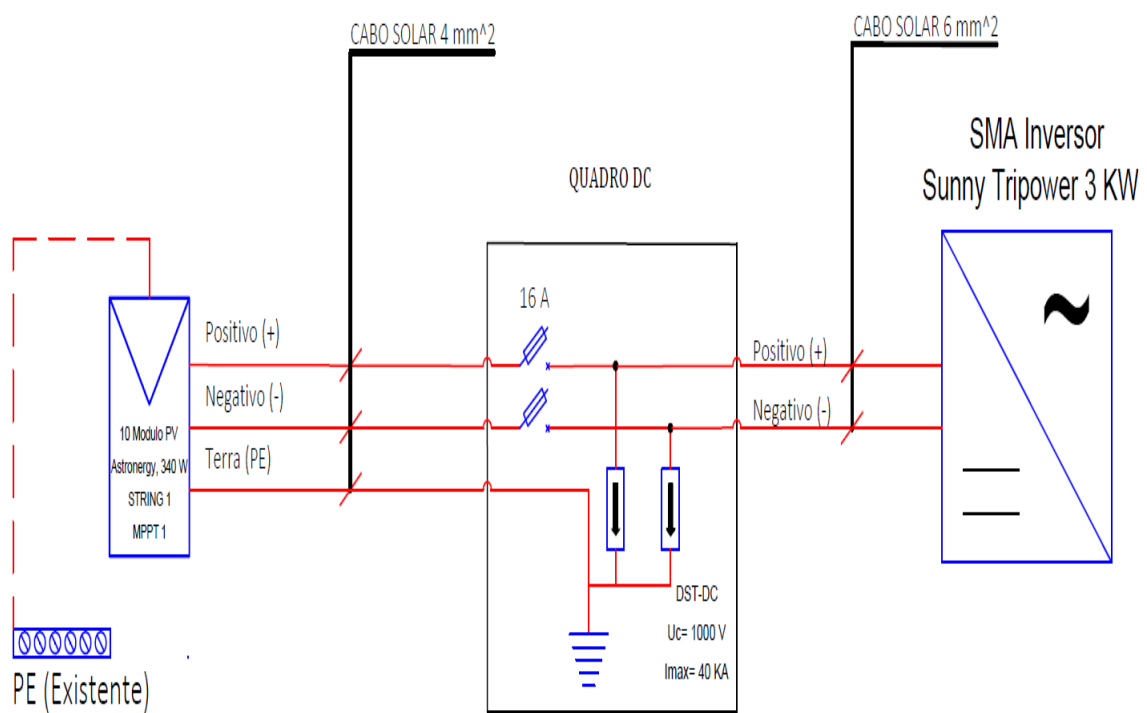
CE GOST TUV	
Padrões	EN 50091-1 EN 50091-2
<b>Ambiental</b>	
Temperatura ambiente do ar para funcionamento	0...40 °C
Umidade relativa	0...95 %
Altitude de funcionamento	0...10000 ft
Temperatura ambiente do ar para armazenamento	-15...45 °C
Altitude de armazenamento	0,00...15240,00 m
Nível acústico	40 dBA
Dissipação térmica on-line	4 Btu/h
<b>Baterias &amp; Tempo de operação</b>	
Tipo de bateria	Bateria Chumbo-Ácido
Baterias Pré-Instaladas	0
Slots disponíveis para baterias	0
Tempo de recarga típico	6 H
Quantidade de RBC™	1
Valor Líquido do Eletrólito	0
<b>Comunicação &amp; Gerenciamento</b>	
Slots livres	0
Painel de controle	LED indicador de saída de energia
Alarme sonoro	Soar alarme quando na bateria : alarme distinto de pouca bateria
<b>Proteção contra surtos e filtragem</b>	
Classe de surto de energia	300 J
Filtragem	Filtragem de pólos múltiplos de ruídos : passagem do surto de 0.7% ieee : tempo de resposta de 'clamping' zero : de acordo com ul 1449
<b>Unidades de embalagem</b>	
Peso do pacote 1	6,5 kg
SCC14	10731304009686
Número de unidades no pacote 2	2
Número de unidades no pacote 3	60
<b>Garantia contratual</b>	
Garantia	Reparo ou substituição por 2 anos

## ANEXO II- SISTEMA FOTOVOLTAICO

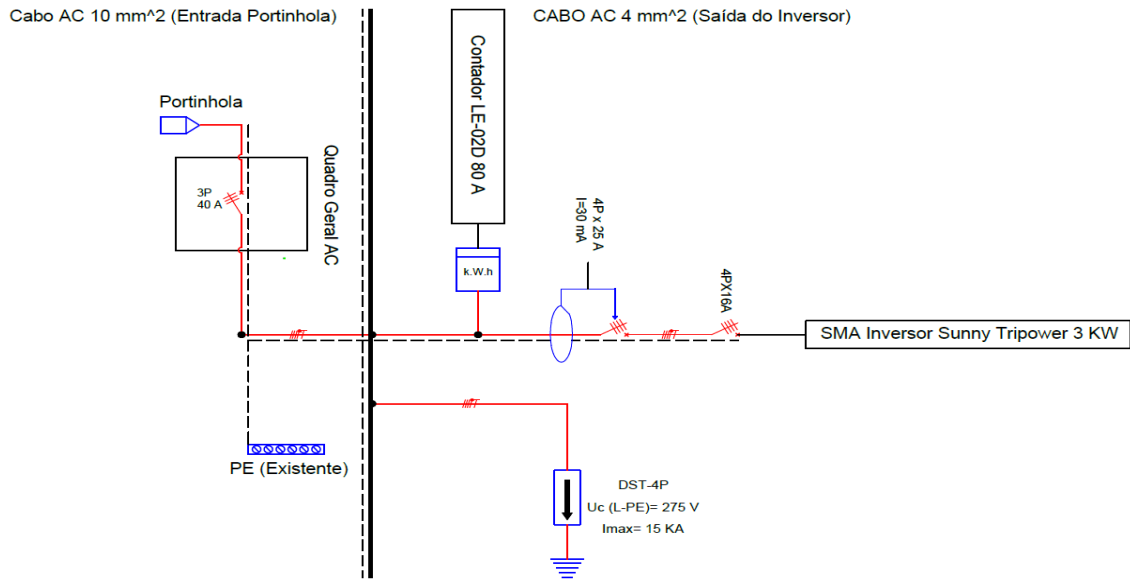
### Esquema de ligação dos módulos e inversor no AUTOCAD



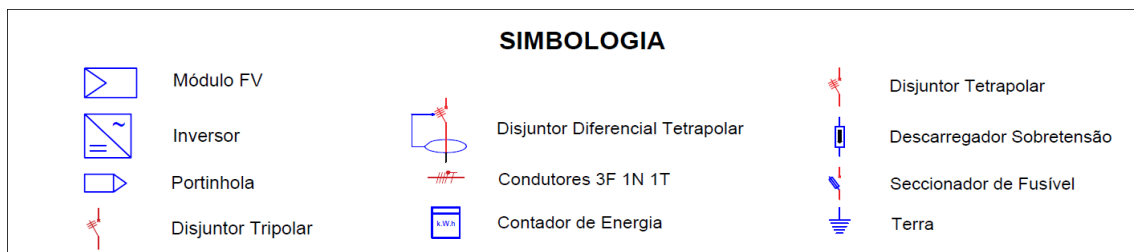
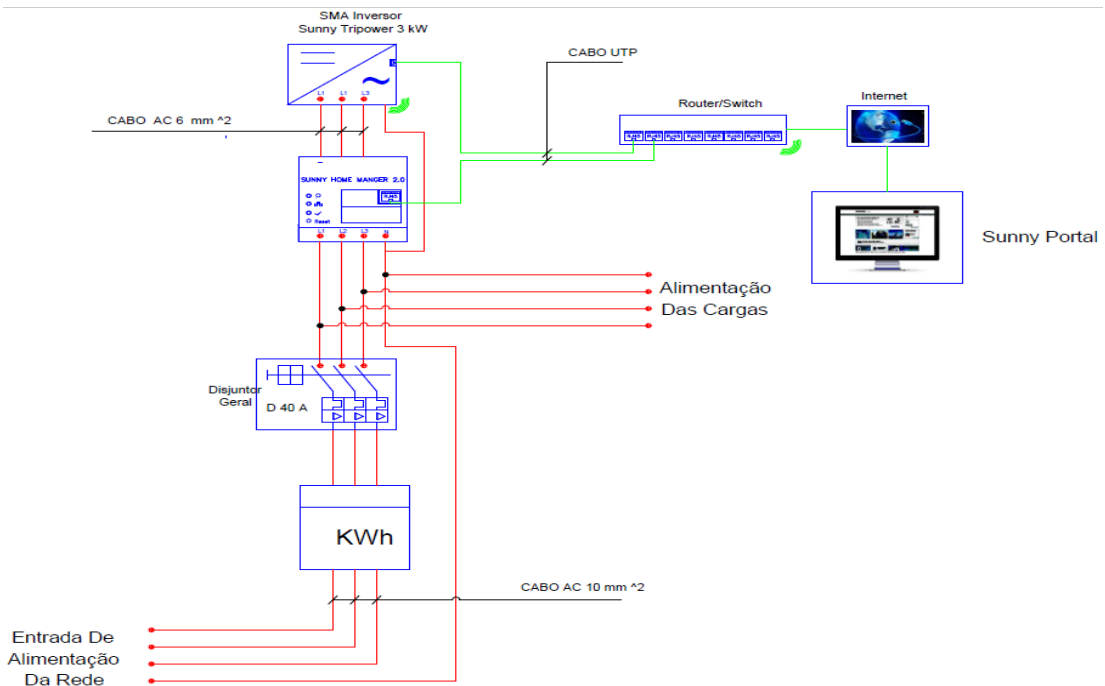
### Quadro DC



## Quadro AC



## Sistema de Monitorização SUNNY HOME MANAGER 2.0



## Porta fusível utilizado



### ETI PRODUCT DATASHEET

Generated on: 2020-06-10

Web: [www.etigroup.eu](http://www.etigroup.eu)

## PCF 8 2p



### Specifications

ETI Code	002530003
Description	PCF 8 2p
Weight	.13
Level	Fuse-switch disconnectors
Rated current (A)	20
To use with	CH fuse-links
Type	PCF 8 2p
Size	8x31
Product group	LV-fuse-switch disconnectors
Rated AC voltage (V)	400
Utilization category	AC 22B
Connection	0,5 - 10mm <sup>2</sup>
Mounting	35mm DIN rail

[Online product page](#)

### Other documentation



[Technical data catalogue](#)  
[3D Model](#)



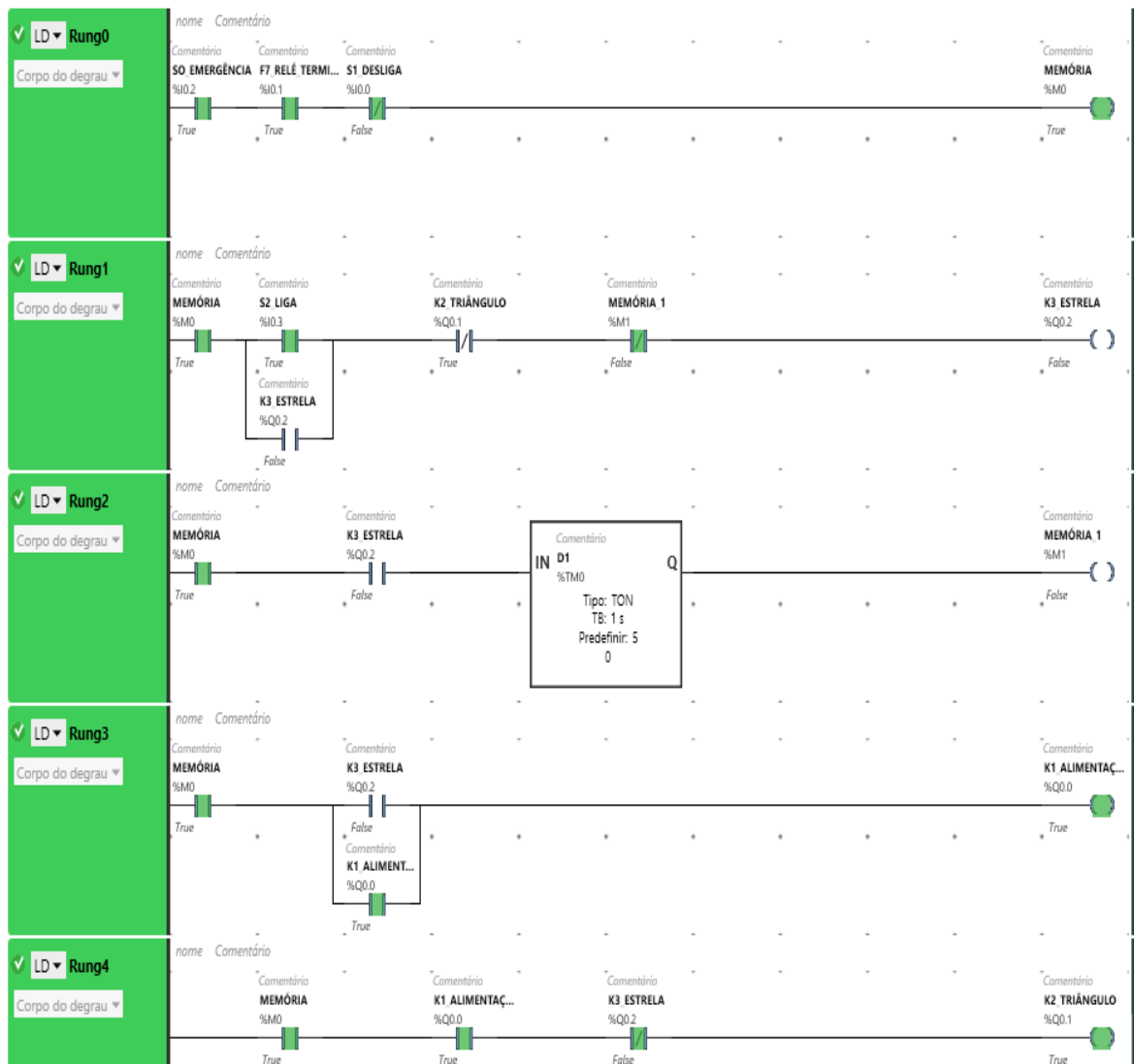
### ETIM international classification

Mounting method	Other
Application	Residential and industrial installation
Nominal rated current	20
Number of poles	2
Construction size	8x31
Over voltage category	III
Degree of protection (IP), front side	IP20
Max. rated operation voltage Ue AC	400
For fuse size	Other

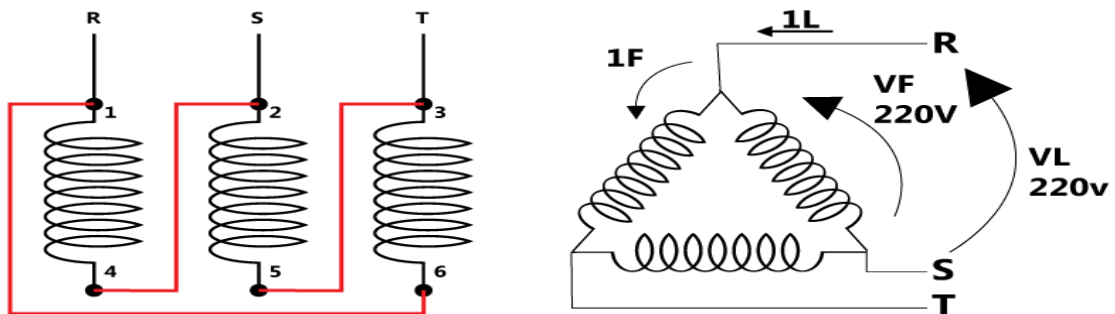


## ANEXO III- AUTOMATIZAÇÃO DO SISTEMA

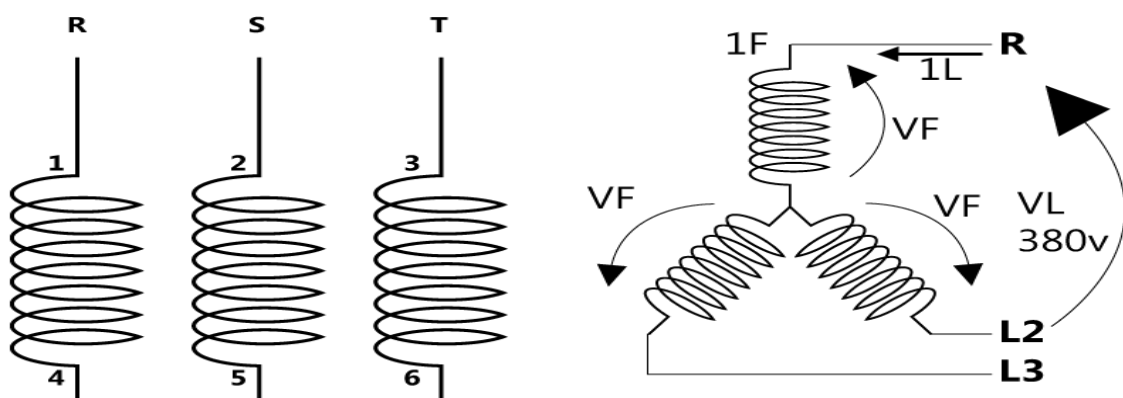
### Arranque Estrela-Triângulo LADDER



### Fechamento em triângulo



## Fechamento em estrela



## Dispositivos utilizados no Arranque do Motor e respectivos cálculos de dimensionamento

### Relé Térmico

**I<sub>rt</sub>** - Corrente nominal do Relé térmico

**I<sub>n</sub>** = corrente nominal do motor

$$I_{rt} = 1,15 \times I_n$$

$$I_{rt} = 1,15 \times 11,44A$$

$$I_{rt} = 13,156A$$



## Folha de dados do produto

### Características

## LR3D21

Relé de proteção térmico Tesys LRD - 12...18 A - classe 10A



### Principal

Alcance	TeSys
Nome do produto	TeSys LRD
Tipo de produto ou componente	Relé de sobrecarga térmica não diferencial
Nome abreviado do dispositivo	LR3D
Aplicação de relé	Proteção do motor
Compatibilidade do produto	LC1D18 LC1D32 LC1D26 LC1D38
Tipo de rede	CC CA
Gama de regulação de proteção térmica	12...18 A
[Ui] Tensão estipulada de isolamento	Circuito de potência 600 Vem conformidade com CSA Circuito de potência 600 Vem conformidade com UL Circuito de potência 690 Vem conformidade com IEC 60947-4-1

### Complementar

Frequência da rede	0 ... 400 Hz.
Suporte de montagem	Placa, com acessórios específicos Calha, com acessórios específicos Com contactor
Limiar de disparo	1,14 +/- 0,06 Irem conformidade com IEC 60947-4-1
[Ith] corrente térmica convencional ao ar livre	6 A para circuito de sinalização
Corrente admissível	1,5 A a 240 V AC-15 para circuito de sinalização 0,1 A a 250 V DC-13 para circuito de sinalização
[Ue] tensão estipulada de	690 V CA 0 ... 400 Hz.

Esta documentação não pretende substituir nem deve ser utilizada para determinar a adequação ou não de um produto para aplicações específicas do utilizador.

## Relé falta de fase



**Indicação de Uso:** Proteger máquinas, equipamentos e motores afetados por eventos de assimetrias modulares de tensão e falta de fase.

**Material da Caixa:** ABS

**Tensão Elétrica de Alimentação:** 220 e 380 Volts AC (corrente alternada)

**Consumo Máximo:** 3Va

**Possui Função Retardo:** Não

**Contatos:** 1 SPDT

**Corrente Máxima:** 5 Àmperes ligado em 250 Volts AC (corrente alternada)

**Resistência de Isolação:** > 500 MOhms/ 500 Volts CC (corrente contínua)

**Tensão de Isolação:** 1500 Volts rms/ 1 minuto

**Ajuste de Sensibilidade:** 7 a 20% ; 15 a 30% (FFS)

**Histerese:** mais ou menos 2% (mais ou menos 5%)

**Grau de Proteção (IEC-60.529):** IP51 para o invólucro e IP-10 para os contatos

**Conteúdo da Embalagem:** Um Rele Falta de Fase Trifásico FSS-01MC

**Tipo de Embalagem:** Caixa

**Referência:** FSS-01MC


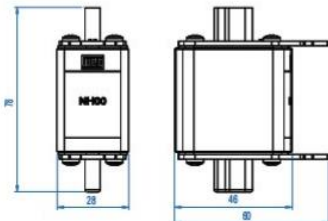
## **Fusível**



$$If \geq 2 \times In$$

$$If \geq 2 \times 11,44A$$

$$If \geq 22,88A$$



NH 00				
Fusível				
Tamanho 00	Corrente Nominal (A)	Tipo	Peso (kg)	
	4	FNH00-4U	0,2	
	6	FNH00-6U		
	10	FNH00-10U		
	16	FNH00-16U		
	20	FNH00-20U		
	25	FNH00-25U		
	35	FNH00-35U		
	50	FNH00-50U		
	63	FNH00-63U		
	80	FNH00-80U		
	100	FNH00-100U		
	125	FNH00-125U		
	160	FNH00-160U		
Dimensões (mm):				
				

NH1			
Fusível			
Tamanho 1	Corrente Nominal (A)	Tipo	Peso (kg)
	50	FNH1-50U	0,4
	63	FNH1-63U	
	80	FNH1-80U	
	100	FNH1-100U	
	125	FNH1-125U	
	160	FNH1-160U	
	200	FNH1-200U	0,45
	224	FNH1-224U	
	250	FNH1-250U	
Dimensões (mm):			
			

#### Descrição

Fusível retardado para proteção contra curto-circuito e sobrecarga, atendendo norma IEC60269.

#### Especificações:

Corrente nominal (A): 25

Tamanho: NH00

Tipo de fusível: NH gL/gG

Tensão máx. de trabalho: 500Vca

Capacidade de Interrupção: 120kA / 500Vca

#### Dimensões:

Altura (mm): 78,5

Largura (mm): 20,5

Profundidade (mm): 60

## Contatores

$$Ik1 \geq In \times 1,15$$

$$Ik1 \geq 11,44A \times 1,15$$

$$Ik1 = 13,156$$

$$Ik1 = Ik3K1$$

$$Ik3 \geq (0,33 \times In) \times 1,15$$

$$Ik3 \geq (0,33 \times 11,44A) \times 1,15$$

$$Ik3 = 4,34A$$

**K1 (Alimentação) e K2 (Triângulo)**



**K3 - Estrela**



**Product data sheet**  
**Characteristics**

**LC1K1610Q7**  
TeSys K contactor - 3P(3 NO) - AC-3 - <= 440 V 16 A - 380...400 V AC coil



<b>Main</b>	
Range of product	TeSys K
Product or component type	Contacteur
Device short name	LC1K
Contacteur application	Motor control
Utilisation category	AC-3
Poles description	3P
Power pole contact composition	3 NO
[Ue] rated operational voltage	<= 690 V AC 50/60 Hz for signalling circuit 690 V AC 50/60 Hz for power circuit
[Ie] rated operational current	16 A at <= 440 V AC AC-3 for power circuit
Motor power kW	7.5 kW at 380...415 V AC 50/60 Hz 4 kW at 220...230 V AC 50/60 Hz 5.5 kW at 440 V AC 50/60 Hz 4 kW at 660...690 V AC 50/60 Hz 4 kW at 500...600 V AC 50/60 Hz 4 kW at 480 V AC 50/60 Hz
Control circuit type	AC 50/60 Hz
Control circuit voltage	380...400 V AC 50/60 Hz
Auxiliary contact composition	1 NO
[Uimp] rated impulse withstand voltage	8 kV
Overvoltage category	III
[Ith] conventional free air thermal current	10 A at <= 50 °C for signalling circuit 20 A at <= 50 °C for power circuit
Irms rated making capacity	160 A AC for power circuit conforming to IEC 60947 160 A AC for power circuit conforming to NF C

performance of the products contained herein.  
These products for specific user applications.  
ing of the products with respect to the relevant specific application or use thereof.  
use of the information contained herein.





## Características Principais

Referência	: CAW04
Código do produto	: 12896381
Corrente nominal Ie AC-3 (Ue ≤ 440 V)	: 6 A
Contatos principais (força)	: Sem contato principal
Contatos auxiliares	: 2 NA + 2 NF
Tensão de comando	: 220V 60Hz
Tipo de terminal	: Parafuso

### Dados básicos

Tensão nominal de emprego Ue	: 690 V / 600 V
- IEC / UL	
Tensão nominal de isolamento Ui (Grau de poluição 3)	: 400 V / 600 V
- IEC / UL	
Tensão nominal de impulso Uimp (IEC 60947-1)	: 4 kV
- Limites de frequência [1]	: 25 Hz ... 400 Hz
- Vida mecânica	
Bobina CA	: 4 milhões
Bobina CC	: Não contém
Vida elétrica - Ie AC3	: Não contém
Pontos de conexão a bobina	
Contatores com bobina CA	: 2
- Contatores com bobina CC	: Não contém
Resistência a vibrações (IEC 60068-2-6)	
contator aberto	: 2 g
contator fechado	: 3 g
Resistência a choques mecânicos (1/2 senóide = 11ms)	
contator aberto	: 4 g
contator fechado	: 6 g
Instalação	: DIN 35 mm (EN 50022)
Grau de proteção (IEC 60529)	
Terminais principais	: IP20
Bobina e contatos auxiliares	: IP20

### Circuito de comando - corrente alternada

Tensão nominal de isolamento Ui (Grau de poluição 3)	: 400 V / 600 V
- IEC / UL	
Tensões padrões em 50/60 Hz	: 12...380 V
Limites de operação da bobina	
- bobina 60 Hz	- operação : 0,4...0,74xUs
	- desoperação : 0,25...0,63xUs
- bobina 50 Hz	- operação : 0,4...0,74xUs
	- desoperação : 0,25...0,63xUs
- Consumo médio da bobina	
- operando em 60 Hz	- circuito magnético fechado : 3,3...5,5 VA
	- fator de potência (cos φ) : 0,42
	- Potência térmica dissipada : 2,3 W
	- fechamento do circuito magnético : 19,3 VA
- operando em 50 Hz	- circuito magnético fechado : 3,3...5,5 VA
	- fator de potência (cos φ) : 0,15
	- Potência térmica dissipada : 2,3 W
	- fechamento do circuito magnético : 19,3 VA
Tempo médio de funcionamento	
- fechamento dos contatos NA	: 9...30 ms
- abertura dos contatos NA	: 5...25 ms

## Temporizador





**Controlo de temperatura**

**Sensor utilizado e suas caraterísticas**



Item	Especificação
Tipo de sensor	Resistência de platina, Pt100 ou Pt1000 Ohms
Ponto de resistência do gelo	100Ω ou 1000Ω Ohms
Fundamentais do intervalo (0 °C a 100 °C)	38.5Ω nominal (100Ω) 385Ω nominal (1000Ω)
Faixa de medição	-50 ~ 200 °C, -50 ~ 350 °C, -50 ~ 600 °C
A classe de tolerância	DIN Classe A ou B
O tempo de resposta	10S (0.63r)
Resistência de isolamento	100Mohm
Material do cabo	PVC, Teflon, Silicone, Fibra De Vidro
Habitação	SUS304 ou SUS316
Europeia/Padrão Britânico	Em conformidade com a NORMA IEC 60751:2008 / BS EN 60751:2008

Basic values for 100  $\Omega$  platinum temperature sensors as per DIN EN 60751 (TS90) TC = 3850 ppm/K

$^{\circ}\text{C}$	$\Omega$	$\Omega/^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$	$\Omega$	$\Omega/^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$	$\Omega$	$\Omega/^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$	$\Omega$	$\Omega/^{\circ}\text{C}$
-200	18.52	0.432	70	127.08	0.383	340	226.21	0.352	610	316.92	0.320
-190	22.83	0.429	80	130.90	0.382	350	229.72	0.350	620	320.12	0.319
-180	27.10	0.425	90	134.71	0.380	360	233.21	0.349	630	323.30	0.318
-170	31.34	0.422	100	138.51	0.379	370	236.70	0.348	640	326.48	0.317
-160	35.34	0.419	110	142.29	0.378	380	240.18	0.347	650	329.64	0.316
-150	39.72	0.417	120	146.07	0.377	390	243.64	0.346	660	332.79	0.315
-140	43.88	0.414	130	149.83	0.376	400	247.09	0.345	670	335.93	0.313
-130	48.00	0.412	140	153.58	0.375	410	250.53	0.343	680	339.06	0.312
-120	52.11	0.409	150	157.33	0.374	420	253.96	0.342	690	342.18	0.311
-110	56.19	0.407	160	161.05	0.372	430	257.38	0.341	700	345.28	0.310
-100	60.26	0.405	170	164.77	0.371	440	260.78	0.340	710	348.38	0.309
-90	64.30	0.403	180	168.48	0.370	450	264.18	0.339	720	351.46	0.308
-80	68.33	0.402	190	172.17	0.369	460	267.56	0.338	730	354.53	0.307
-70	72.33	0.400	200	175.86	0.368	470	270.93	0.337	740	357.59	0.305
-60	76.33	0.399	210	179.53	0.367	480	274.29	0.335	750	360.64	0.304
-50	80.31	0.397	220	183.19	0.365	490	277.64	0.334	760	363.67	0.303
-40	84.27	0.396	230	186.84	0.364	500	280.98	0.333	770	366.70	0.302
-30	88.22	0.394	240	190.47	0.363	510	284.30	0.332	780	369.71	0.301
-20	92.16	0.393	250	194.10	0.362	520	287.62	0.331	790	372.71	0.300
-10	96.09	0.392	260	197.71	0.361	530	290.92	0.330	800	375.70	0.298
0	100.00	0.391	270	201.31	0.360	540	294.21	0.328	810	378.68	0.297
10	103.90	0.390	280	204.90	0.358	550	297.49	0.327	820	381.65	0.296
20	107.79	0.389	290	208.48	0.357	560	300.75	0.326	830	384.60	0.295
30	111.67	0.387	300	212.05	0.356	570	304.01	0.325	840	387.55	0.294
40	115.54	0.386	310	215.61	0.355	580	307.25	0.324	850	390.48	0.293
50	119.40	0.385	320	219.15	0.354	590	310.49	0.323			
60	123.24	0.384	330	222.68	0.353	600	313.71	0.322			

## Sistema de refrigeração



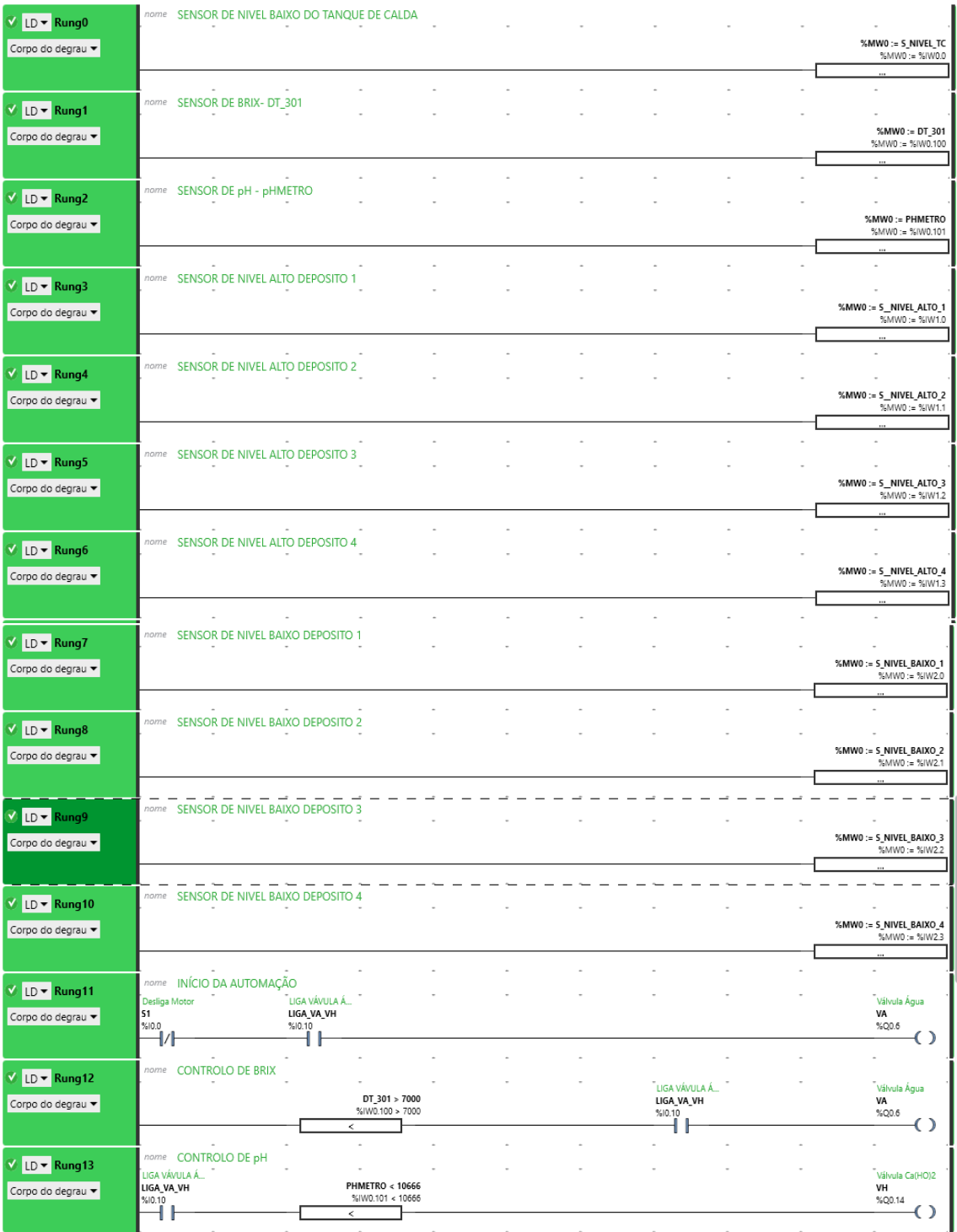
<b>Nome do produto</b>	Hot sale 70 w/50
<b>Modelo</b>	JDAC70-04
<b>Tamanho do produto (com rodízios)</b>	JDAC70-01 35.5*35.5*85 (cm)
<b>Embalagem Meas (cm)</b>	35.5*35.5*76
<b>Ice Box (pcs)</b>	2
<b>Votlage</b>	220-240 V
<b>Poder</b>	70 w
<b>N.W/G.W (kgs)</b>	6.5/7.9
<b>Temporizador</b>	0-120 min
<b>Capacidade Do Tanque de água</b>	7L
<b>Painel de controle</b>	Interruptor mecânico
<b>A Velocidade do ventilador</b>	Alta, middel, baixo
<b>Controle remoto</b>	Não

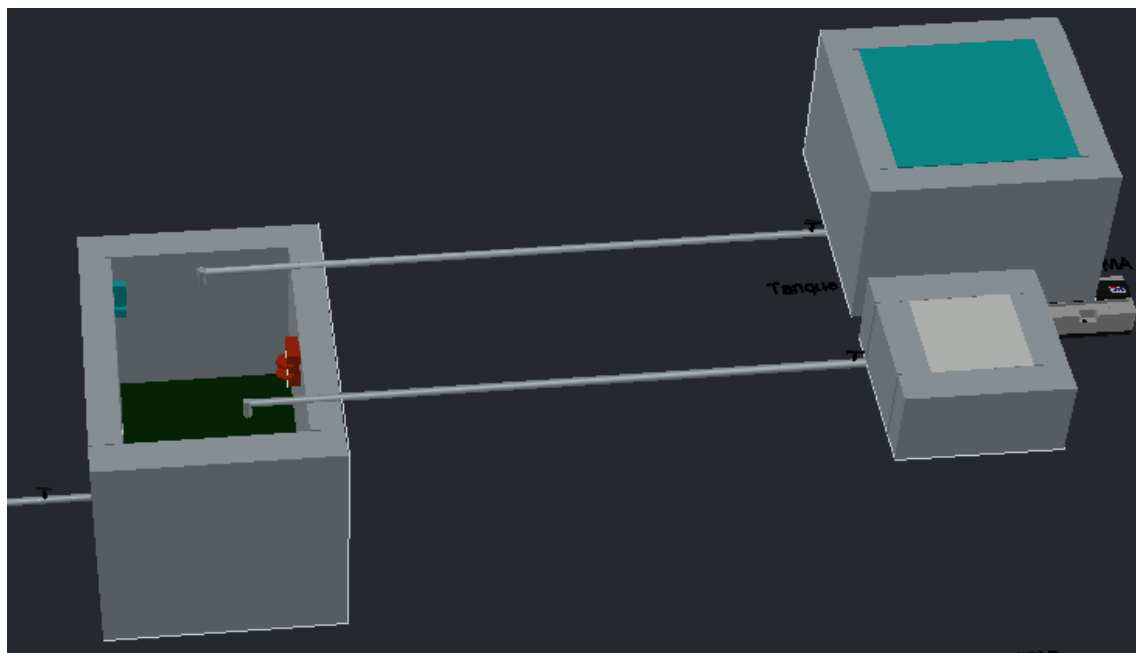
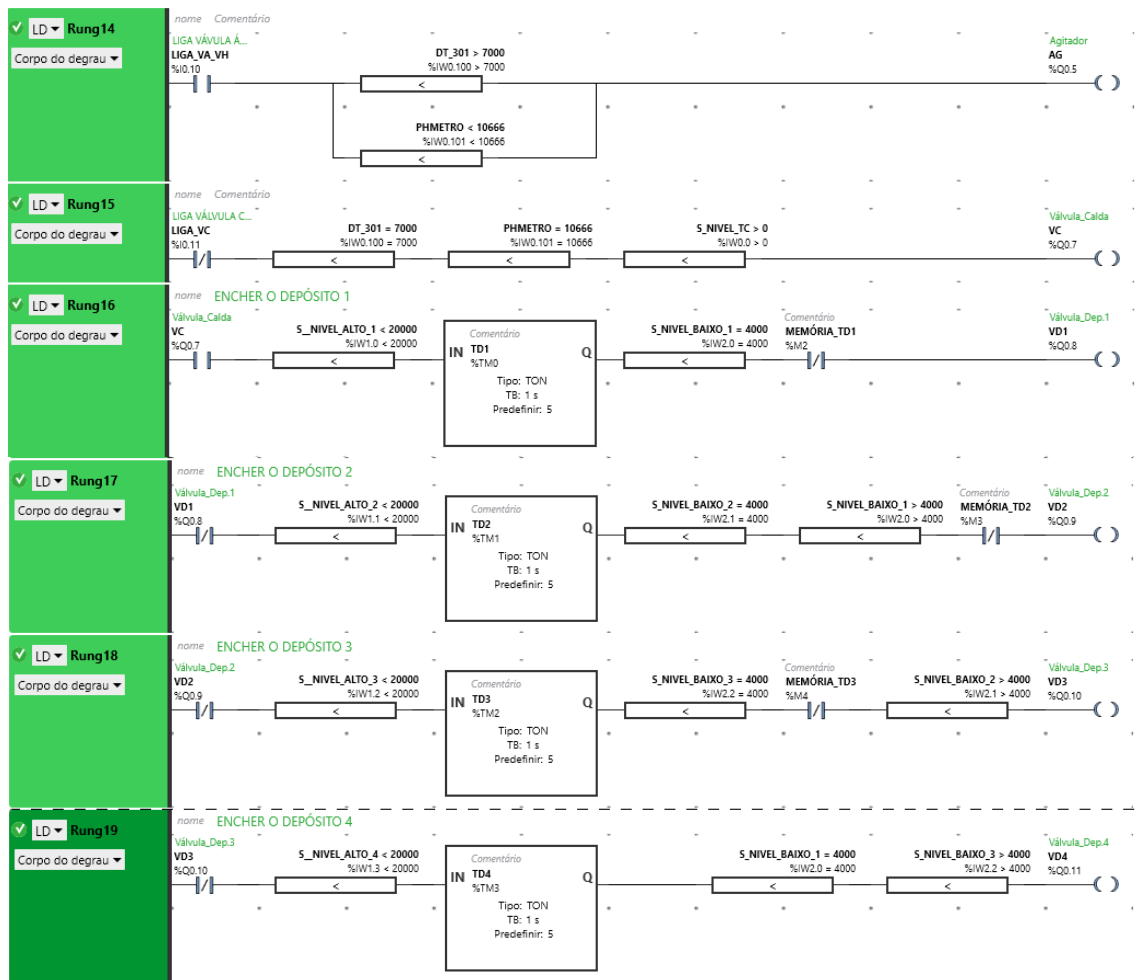
**Sistema de aquecimento**

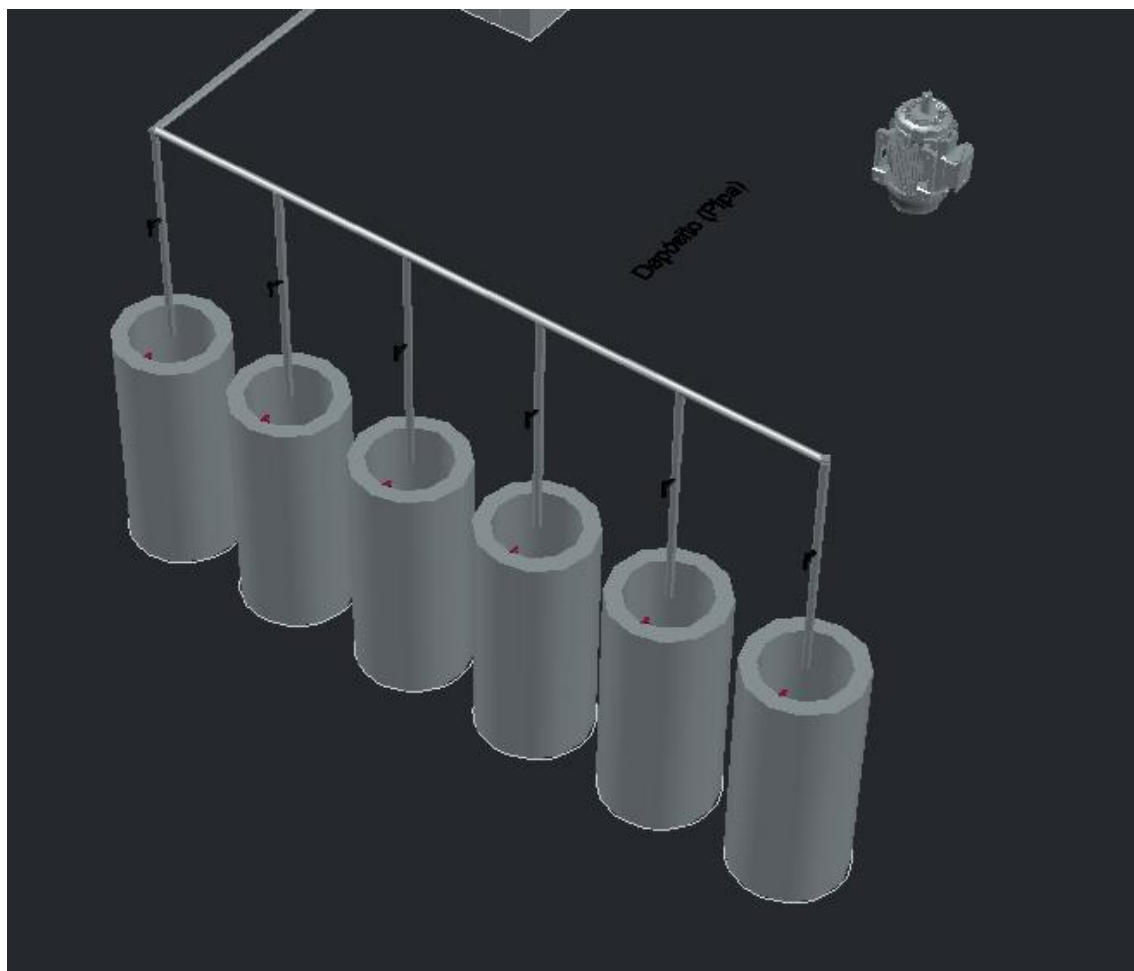


Nome do produto	500w infravermelho aquecedor cerâmico emissor
Cor	Branco, amarelo, preto, rosa, etc
Poder	50-500W
Geralmente tamanho	75 × 105mm,85 × 105mm,90 × 105mm,125 × 150mm e pode ser personalizado.
Dimensões	App.40 mm x 55mm / 1.57x2.17 polegadas
Tensão	110-440volts
Termopar	Opcional, Tipo K ou J
Tipo de Base	E27

Controlo de sacarose (Brix) e Ph







## Sensor de pH

### Transmissor Digital de pH DO 9403T Delta



Características Transmissor Digital de pH DO 9403T Delta	
Tipo de Visor	Cristal Liquido 3½ dígitos
Escala pH	-1 ~15 pH
Impedância de entrada	> 20 TΩ
Resolução de pH	0.01 pH
Precisão pH	± 0.12 % ± 1 dígito (Display)
Sinal saída pH	4 ~ 20 mA
Escala de temperatura	0 ~ 100 °C
Resolução de Temperatura	1 °C
Ligação pT100	2 fios
Escala mV	- 1999 ~ 1999 mV
Resolução mV	1 mV
Precisão	± 0.2 % ± 1 dígito
Sinal de saída temperatura	Apenas no mostrador( pH/mV/Temp)
Precisão de temperatura	± 0.5 % ± 0.01°C
Tipo saída de corrente	Ativa ou passiva (selecionavel)
Erro saída de corrente	± 0.02 mA
Carga máxima	< 50 Ω
Alimentação Ativo	24 Vca (Opcional 220v ca)
Alimentação Passivo	12 ~ 35 Vcc

## Elétrodo de pH E-201-C-9 Probe BNC



### Specifications:

Material: PC+fiber  
 Measuring Range: 0~14pH  
 Temperature Range: 5~60?  
 Salt Bridge Material: fiber  
 Filling Liquid: Saturated kcl  
 Cable Length: 90cm / 35.43in  
 Item Size: 165 \* 21mm / 6.49 \* 0.83in  
 Item Weight: 95g / 3.35oz  
 Package Weight: 115g / 4.05oz  
 Package Size: 22.5 \* 9 \* 4cm / 8.86 \* 3.54 \* 1.57in

### Package List:

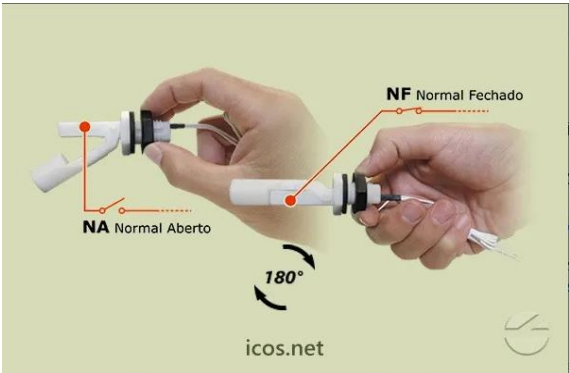
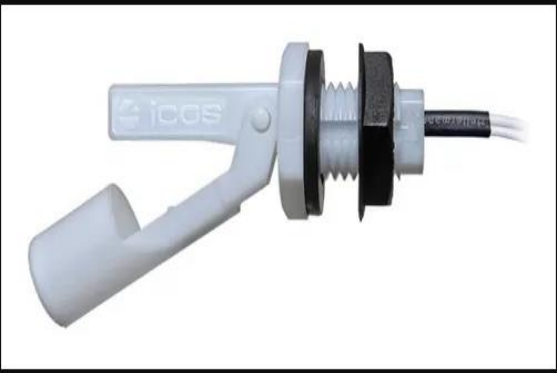
1 \* pH Electrode

### Specifications of Pen Type pH Electrode Sensor BNC Connector Probe E-201 pH Composite Electrode E-201C Ph Meter Probe BNC ...

Brand	SKU
No Brand	1306828996_MY-4000936540
Model	Warranty Type
10272609	No Warranty

What's in the box	1 X Pen Type pH Electrode Sensor BNC Connector Probe E-201 pH Composite Electrode E-201C Ph Meter Probe BNC Connector (Standard), Standard
-------------------	--

Sensor de Nível



ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

**Material:** POM - Poliacetal (FDA approved)  
Porca em PA

**Pressão máx. de trabalho:** 2bar

**Temp. de trabalho:** -10°C a 100°C

**Cor:** Branco

**Densidade mín. do líquido (SG):** 0,76

**Peso:** 30g

**Saída:** Contato On/Off

**Características elétricas:** NA/NF - SPST

**Conexão elétrica:** Cabo 2 x 0,5mm² x 40cm

**Grau de proteção:** IP66

**Montagem:** Lateral interna em furo de Ø16mm

**Vedação:** Arruela NBR (borracha nitrílica)

**Espessura máx. parede reservatório:** 9mm

**Raio mín. reservatório cilíndrico:** 150mm

**Garantia:** 2 anos

DESCRIÇÃO

**Movimento do flutuador magnético abre/fecha um contato elétrico.**

Com o Sensor de Nível Eicos LA16M-40 você monitora nível no ponto (altura) em que o Sensor for instalado em seu reservatório, sendo ideal para água, óleo, combustíveis e lubrificantes.

O Sensor indica através de sinal ON/OFF quando o nível de líquido foi atingido, sendo instalado na lateral do tanque pelo interior, através de furo de Ø16mm. Para cada nível de líquido a detectar, necessário um Sensor de Nível no ponto desejado.

Saída em cabo de 40cm.

Sensor de Brix



Current Output	4 ~ 20mA
Digital Signal	HART protocol
Power Supply	16 ~ 30V DC (24V DC is recommended)
Density Range	0 to 2g/cm3, 0 to 3g/cm3
Accuracy	0.001g/cm3
Resolution	0.0005g/cm3
Temperature Range	0 ~ 100 °C
Temperature Accuracy	0.2 °C
Ambient Temperature	-10 ~ 60 °C
Humidity Range	0 ~ 90%



**Dimensionamento de todo o sistema no Autocad 3D**

